

Petri Hilli, Matti Koivu, Teemu Pennanen

TYÖELÄKKEIDEN RAHOITUS JA SEN RISKIENHALLINTA



ISSN 1236-2115
ISBN 978-952-00-2596-0 (nid.)
ISBN 978-952-00-2597-7 (PDF)

Kannen kuva: Tuomas Marttila/Plugi
Paino: Yliopistopaino, Helsinki 2008

Tiivistelmä

Petri Hilli, Matti Koivu, Teemu Pennanen. Työeläkkeiden rahoitus ja sen riskienhallinta. Helsinki 2008. 124 s. (Sosiaali- ja terveysministeriön selvityksiä ISSN 1236-2115; 2008:19) ISBN 978-952-00-2596-0 (nid.), ISBN 978-952-00-2597-7 (PDF).

Tässä kokoomateoksessa on tutkittu Suomen yksityisen sektorin työeläkejärjestelmää ja sen rahoitusriskien hallintaa käyttämällä matemaattisia menetelmiä. Tutkimus on toteutettu Sosiaali- ja terveysministeriön rahoittamassa hankkeessa 2005–2007. Hankkeen päätuloksiin kuuluu stokastinen malli TyEL-laitoksen kassavirroille, vastuuvälille ja sijoitustuotoille pitkällä aikavälillä. Mallin avulla voidaan tutkia esimerkiksi eri sijoitusstrategioiden vaikutuksia vakavaraisuuteen, asiakaspalautuksiin ja TyEL-maksuun. Malli huomioi epävarmuudet sekä sijoitustuotoissa että vakuutustoiminnan kassavirroissa ja vastuuvälässä. Tämä on tiettävästi ensimmäinen julkinen malli eläkelaitoksen rahoitusriskien hallintaan.

Kehitetyllä stokastisella mallilla arvioitiin vuoden 2007 sijoitusuudistuksen vaikutuksia. Laskelmien perusteella vuoden 2034 TyEL-maksun mediaani alenee uudistuksen myötä noin 29%:sta noin 27%:in. Maksun kehitykseen liittyy kuitenkin huomattavaa epävarmuutta. Esimerkiksi osakkeiden osuutta lisäämällä saatetaan päästä vieläkin alempaan keskimääräiseen TyEL-maksuun, mutta samalla eläkelaitosten konkurssitodennäköisyys kasvaa. Lisäksi havaittiin, että laskuperustekoron noston rajoittaminen alle tietyn tason kasvattaa huomattavan suurten asiakaspalautusten todennäköisyyttä.

Hankkeessa tutkittiin myös sijoitusstrategian merkitystä eläkelaitoksen pitkän aikavälin rahoituksen riskeihin. Yksinkertaisella numeerisella optimoinnilla on mahdollista löytää strategioita, joilla saavutetaan selkeästi korkeammat vakavaraisuusasteet pienemmillä riskitasoilla kuin yleisesti eläkelaitosten riskianalyysissä käytetyillä yksinkertaisilla päätössäännöillä.

Hankkeen aikana eläkejärjestelmästä löydettiin myös monia piirteitä, jotka vaikeuttavat olennaisesti eläkelaitosten strategista riskien hallintaa. Esimerkiksi uudistettu vakavaraisuusraja saattaa tietyissä tilanteissa kannustaa epärationalaiseen sijoituskäyttäytymiseen. Toisen vakavan ongelman aiheuttaa laskuperustekoron kaava, joka riippuu koko järjestelmän keskimääräisestä vakavaraisuusasteesta. Tämä saattaa johtaa monimutkaiseen tilanteeseen, jossa eläkkeiden maksamisen sijaan yksittäisen eläkelaitoksen päähuomio kohdistuu toissijaiseen peliteoreettiseen ongelmaan.

Avainsanat: työeläkkeet, rahoitus, riskienhallinta.

Sammandrag

Petri Hilli, Matti Koivu, Teemu Pennanen. Om finansiering av arbetspensionerna och hantering av dess risker. Helsingfors 2008. 124 s. (Social - och hälsovårdsministeriets rapporter, ISSN 1236-2115; 2008:19) ISBN 978-952-00-2596-0 (inh.), ISBN 978-952-00-2597-7 (PDF).

Detta samlingsverk granskar den privata sektorns arbetspensionssystem i Finland samt hanteringen av finansieringsrisk inom systemet med hjälp av matematiska metoder. Undersökningen har genomförts inom ett av social- och hälsovårdsministeriet finansierat projekt år 2005–2007. Projektets huvudresultat omfattar en stokastisk modell för kassaflöden, ansvarsskuld och placeringsintäkter hos ArPL-anstalt. Med hjälp av modellen kan man undersöka till exempel hurdana effekter olika placeringsstrategier har på solvens, återbäring och ArPL-avgift. Modellen medtar osäkerheten både i placeringsintäkterna och i försäkringsverksamhetens kassaflöden och ansvarsskulder. Modellen är veterligen den första offentliga modellen för hantering av finansieringsrisk hos en pensionsanstalt.

Den utvecklade stokastiska modellen användes för att uppskatta konsekvenserna av placeringsreformen år 2007. I det nya systemet skulle ArPL-avgiftens median sjunka från cirka 29 % till cirka 27 % fram till år 2034 jämfört med det nuvarande systemet. Det finns emellertid avsevärt osäkerhet i fråga om hur avgiften utvecklas. Till exempel genom att utöka andelen aktieplaceringar kan man uppnå en ännu lägre genomsnittliga ArPL-avgift, men samtidigt ökar konkurssannolikheten hos pensionsanstalterna. Därutöver observerades det att begränsningen av höjning av beräkningsräntan ökar sannolikheten av anmärkningsvärt stora kundåterbäringar.

Projektet undersökte även placeringsstrategiers betydelse för riskhantering av långvariga finansiering vid pensionsanstalter. Med en enkel numerisk optimering är det möjligt att hitta strategier med vilka man kan uppnå betydligt högre solvensnivåer med lägre risknivåer än med de enkla beslutsregler som allmänt används. Det observerades också att pensionssystemet har vissa drag som betydligt försvårar riskhanteringen hos pensionsanstalterna. Det är möjligt till exempel att den reviderade solvensgränsen i vissa situationer uppmuntrar till orationellt placeringsbeteende. Ett annat allvarligt problem orsakas av formel för beräkningsräntan som beror på den genomsnittliga solvensnivån i hela systemet. Detta kan skapa en komplicerad situation där enskilda pensionsanstalter fäster avseende vid sekundära spelteoretiska problem i stället för utbetalning av pensioner.

Nyckelord: arbetspensioner, finansiering, riskhantering.

Summary

Petri Hilli, Matti Koivu, Teemu Pennanen. Financial risk management in the statutory occupational pension system. Helsinki 2008. 124 pp. (Reports of the Ministry of Social Affairs and Health, Finland, ISSN 1236-2115; 2008:19) ISBN 978-952-00-2596-0 (pb), ISBN 978-952-00-2597-7 (PDF).

This collection of four articles studies the financial risk management in the Finnish statutory occupational pension system using mathematical methods. The research was carried out during 2005–2007 in a research project supported by Ministry of Social Affairs and Health. One of the main outputs of the project was a stochastic model for assets and liabilities of a Finnish pension institution. The model can be used, for example, for studying the effects of investment strategies on solvency, bonuses and contributions in the long run. The model incorporates uncertainties both in investment returns as well as the cash-flows and technical reserves associated with pensions. To our knowledge, this is the first publicly available model for financial risk management of a Finnish pension institution.

The model was used to evaluate the effects of the changes in pension legislation made effective 2007. According to the studies, the median of the pension contribution in year 2034 will be lowered from 29% to 27%. However, there is substantial uncertainty in the level of contributions. For example, increasing equity investments results in even lower contribution level but at the same time the probability of insolvency is increased. It was also found that restricting the changes of the technical interest rate below certain level increases the probability of exceptionally large bonuses.

The model was used also to study the effects of investment strategies on the financial risks of a pension institution in the long run. Using simple numerical optimization techniques it is possible to find strategies that achieve considerably higher solvency ratios with lower risks than simple investment strategies commonly used in risk analysis of pension institutions.

During the research project, many features were found that considerably complicate strategic risk management in pension institutions. For example, the solvency border as defined in the new law may encourage irrational investment behavior. An other serious complication results from the definition of the technical interest rate which depends on the over all solvency ratio of the whole pension system. This may lead to a complex situation where a pension institution is lead to consider secondary game theoretic problems instead of covering its liabilities.

Keywords: earnings-related pensions, finance, risk management.

Esipuhe

Lakisääteiset eläkevarat ovat mittava osa kansanvarallisuuttamme: rahastoidut eläkevarat ovat jo kaksi kertaa palkkasummaa suuremmat. Niiden tuottava ja turvaava sijoittaminen on tärkeää. Onnistunut sijoitustoiminta vähentää työssä olevien ja elinkeinoelämän maksamien eläkemaksujen mahdollisia korotuspaineita. Sijoitusriskin Suomen luonteeltaan etuusperusteisessa eläkejärjestelmässä kantavat eläkelaitokset. Niiden tärkein tehtävä on huolehtia niille maksettujen eläkemaksujen tuottavasta ja turvallisesta sijoittamisesta niin, että eläkelaitoksen vastuulla olevat eläkkeet voidaan aikanaan maksaa.

Sosiaali- ja terveysministeriö käynnisti vuonna 2005 hankkeen työeläkelaitosten rahoituksen riskienhallinnasta. Sen tarkoituksena oli selvittää sijoitusstrategian vaikutuksia työeläkelaitosten vakavaraisuuteen pitkällä aikavälillä sekä vanhoilla että vuoden 2007 alussa tehdyn sijoitusuudistuksen mukaisilla säännöillä. Hanketta laajennettiin niin, että sillä oli sekä käytännöllinen että tutkimuksellinen tavoite: kehittää työeläkelaitosten rahoitusriskien hallinnan välineistöä yhdessä työeläkelaitosten kanssa ja tutkia työeläkejärjestelmän vaihtoehtoisten rahastointi- ja vakavaraisuussäännösten vaikutusta eläkemaksuihin ja eläkevarojen riittävyyteen.

Tutkimuksen tekivät ja sen sisällöstä vastaavat dosentti Teemu Pennanen (Teknillinen korkeakoulu), KTT Petri Hilli (QSA Quantitative Solvency Analysts Oy) ja KTT Matti Koivu (Rahoitustarkastus). Tutkimus koostuu artikkeleista, joissa tutkijat ovat systemaattisesti rakentaneet työeläkelaitosten rahoitusriskien analysointiin soveltuvan mallin, joka kattaa sekä markkina- että vakuutustekniset riskit, ja soveltaneet tätä vuoden 2007 työeläkelaitosten sijoitusuudistuksen pitkän aikavälin vaikutusten tutkimiseen. Analysoitavan on todettu olevan myös käytännössä soveltamiskelpoisen työeläkelaitosten rahoitusriskien hallintaan ja tutkijat ovat kehittäneet tarkastelutavasta eläkelaitosten arkipäivään soveltuvan ohjelmiston.

Tutkimusta ohjasi seurantaryhmä, jonka puheenjohtajana on toiminut sosiaali- ja terveysministeriön vakuutusosastolta ylijohtaja Tarmo Pukkila, joka on ollut myös hankkeen valvoja, ja jäseninä Heikki Palm ja Leena Vännänen sosiaali- ja terveysministeriön vakuutusosastolta, Vesa Hänninen ja Lasse Koskinen Vakuutusvalvontavirastosta, Ismo Risku Eläketurvakeskuksesta ja Reijo Vanne Työeläkelaitosten liitosta.

Kiitokset

Kiitämme Heikki Palmia ja Tarmo Pukkilaa tutkimushankkeen organisoinnista. Kiitämme seurantaryhmää hyödyllisistä kommenteista ja ehdotuksista, joista on ollut suuri apu tutkimuksen aikana. Kiitämme Sosiaali- ja terveysministeriötä, Suomen Akatemiaa ja Helsingin kauppakorkeakoulua tutkimuksen rahoittamisesta. Kiitämme Eläketurvakeskusta lähtötietojen toimittamisesta

Sisältö

1	Johdanto	11
1.1	Sijoitustuottomalli	12
1.2	Kassavirta-vastuumalli	12
1.3	Sijoitusuudistuksen vaikutukset	13
1.4	Sijoitusstrategian optimointi	13
2	Sijoitustuottomalli työeläkelaitoksille	15
2.1	Johdanto	16
2.2	Sijoitustuotot ja aikasarja-aineisto	17
2.3	Aikasarjamalli	20
2.4	Esimerkkisimulaatioita	24
2.5	Pitkän koron sijoitusten arvon muutos	27
2.6	VEqC-mallin stationaarisuusehto	28
2.7	Estimoidut parametrit	28
2.8	Kuvat	29
3	Työeläkelaitoksen kassavirta-vastuumalli	43
3.1	Johdanto	44
3.2	Kassavirrat ja vastuvelka	45
3.2.1	Rahastoitavat eläkemaksut	45
3.2.2	Rahastoista maksettavat eläkkeet	47
3.2.3	Vastuut	48
3.2.4	Lakiehdotus	49
3.3	Vertailu Eläketurvakeskuksen tuloksiin	50
3.4	Stokastisia simulaatioita	51
4	Sijoitusuudistuksen vaikutus yksityisen sektorin työeläkeva- kuutusmaksuun	57
4.1	Johdanto	58
4.2	Vanhuuseläkemeno	61
4.3	Eläkkeiden rahoitus	62

4.3.1	Rahastoista maksettavat vanhuuseläkkeet nykyjärjestelmässä	64
4.3.2	Rahastoista maksettavat vanhuuseläkkeet lakiesityksen mukaisessa järjestelmässä	65
4.3.3	Asiakaspalautukset	68
4.4	Vakavaraisuus	69
4.5	Sijoitusstrategiat	70
4.6	Tulokset	71
4.6.1	Nykyjärjestelmä	72
4.6.2	Hallituksen lakiesitys	75
4.6.3	Hallituksen lakiesitys suuremmilla osakepainoilla	77
4.6.4	Konkurssitodennäköisyydet	80
4.6.5	Laskuperustekorona noston rajoittaminen	82
4.6.6	Palautusten alaraja	85
4.6.7	Täydennysten kohdentaminen ikäluokittain	86
4.6.8	Sijoitusstrategiat	91
5	Sijoitusstrategian vaikutus työeläkelaitoksen vakavaraisuuteen	107
5.1	Johdanto	108
5.2	Optimointimalli	109
5.3	Laskuperustekorko	111
5.4	Vakavaraisuusraja	111
5.5	Ratkaisumenetelmä	114
5.6	Tulokset	116

Luku 1

Johdanto

Työeläkejärjestelmän tavoitteena on taata riittävän suuri eläke nyt ja tulevaisuudessa. Työeläkejärjestelmä voidaan toteuttaa monella eri tavalla, joissa eläke-etuudet ja niiden rahoitus vaihtelevat. Yksinkertaisin ratkaisu on jakojärjestelmä (“pay as you go”), jossa palkansaaajat maksavat eläkeläisten eläkkeet. Jakojärjestelmän ongelmana on, että jos väestön ikärakenne muuttuu niin eläke-etuuksia voidaan joutua leikkaamaan tai eläkemaksua korottamaan. Jos jakojärjestelmä toteutetaan puhtaasti *etuusperusteisesti* niin eläke-etuudet pysyvät etukäteen määrätyllä tasolla, mutta eläkemaksu saat-
taa nousta kun taas *maksuperusteisessa* järjestelmässä eläke-etuudet vaihtelevat. Jakojärjestelmän vaihtoehtona on *rahastointi*, jossa kukin ikäluokka säästää työssä ollessaan rahaa omia eläkkeitään varten. Jos kunkin ikäluokan eläkemeno on suoraan verrannollinen kyseisen ikäluokan palkkasummaan, järjestelmä voi periaatteessa olla yhtä aikaa sekä etuusperusteinen että maksuperusteinen. Rahastointi tuo järjestelmään kuitenkin *sijoitusriskin* ja kysymyksen siitä kuinka eläkevarat pitäisi sijoittaa.

Suomessa on osittain rahastoiva etuusperusteinen eläkejärjestelmä, jossa eläkkeet riippuvat palkasta, inflaatiosta ja ansiotasoindeksistä. Yksityisen sektorin eläkejärjestelmässä (TyEL) vain osa eläkkeistä maksetaan TyEL-laitosten sijoitusvaroista ja loput eläkkeistä maksetaan jakojärjestelmällä. TyEL-varat karttuvat sijoitustuotoilla ja työeläkemaksun rahastoitavalla osalla maksuperusteisesti. Sijoitusvaroista maksettavien eläkkeiden osuus riippuu työuran aikana kertyneistä (rahastoiduista) eläkemaksuista ja laskuperuste-
korosta.

Valtio on ulkoistanut yksityisen sektorin työeläkevarojen hoidon TyEL-laitoksille. Laitokset keräävät rahastoitavat eläkemaksut ja maksavat aikanaan näitä vastaavat eläkkeet. Toisin sanoen, valtio ostaa kunakin vuonna osan kyseisen vuoden palkansaaajien tulevista eläkkeistä eläkelaitoksilta. Rahastoitava eläkemaksu (eläkkeiden rahastoidun osan hinta) määräytyy mak-

superusteisesti kun taas eläkkeiden rahastoitu osa riippuu aiemmista eläkemaksuista ja laskuperustekorosta (joka riippuu sijoitustuotoista). Eläkelaitokset ovat siis rahastoitujen eläkkeiden osien “lyhyeksimyyjiä”.

Valvoja asettaa laitoksille *solvenssivaatimuksen*, jonka tavoitteena on varmistaa että laitoksen varat kattavat riittävällä varmuudella sen vastuuvelan yhden vuoden tarkasteluaajanjaksolla. *Vastuuvetka* kuvaa kertyneiden eläkevakuutussitoumusten *nykyarvoa*. Solvenssivaatimus muistuttaa arvopaperimarkkinoilla käytettävää “margin requirement”:ia, jossa vastuuvelan paikalla käytetään yleensä johdannaisen markkinahintaa. Koska eläkevakuutussitoumuksille ei ole markkinoita, vastuuvetka määritellään vakuutusmatemaattisin keinoin. TyEL-järjestelmän olennainen piirre on, että uusien ja kertyneiden eläkevakuutussitoumusten hinnat ovat täysin riippumattomia rahoitusmarkkinoista.

Tämä kokoomateos koostuu neljästä erillisestä raportista. Raportit on kuvattu lyhyesti alla. Ensimmäisessä ja toisessa artikkelissa on kuvattu malli sijoitustuotoille sekä rahastoitaville kassavirroille ja vastuuvetalle. Malli huomioi sijoitustuottojen, kassavirtojen ja vastuiden keskinäiset riippuvuudet kuvaamalla allaolevat riskitekijät moniulotteisena stokastisena prosessina, jossa eri tekijöiden välisiä riippuvuussuhteita ei rajoiteta etukäteen. Kolmannessa artikkelissa kehitettyä mallia on sovellettu koko TyEL-järjestelmän analysointiin. Neljännessä artikkelissa mallia on käytetty sijoitusstrategian optimointiin.

1.1 Sijoitustuottomalli

Hankkeessa kehitetty sijoitustuottomalli on esitetty raportissa *Sijoitustuottomalli työeläkelaitoksille*. Raportissa on esitetty aikasarjamalli suomalaisen työeläkelaitoksen sijoitustuotoille sekä vakuutustoiminnan kassavirtojen ja vastuiden laskennassa olennaisille ansiotasoj- ja elinkustannusindekseille. Malli laajentaa Koivun, Pennasen ja Ranteen mallia lisäämällä siihen inflaation ja jakamalla osakesijoitukset useampaan luokkaan. Malli on lisäksi rakennettu siten, että se huomioi inflaation ja sijoitustuottojen välillä usein havaitun yhteyden ja takaa korkojen välisen johdonmukaisuuden.

1.2 Kassavirta-vastuumalli

Hankkeessa kehitetty kassavirta-vastuumalli on esitetty raportissa *Työeläkelaitoksen kassavirta-vastuumalli*. Raportissa esitetään yksinkertainen numeeriseen laskentaan soveltuva malli suomalaisen työeläkelaitoksen lakisääteiseen

vakuutustoimintaan liittyville kassavirroille ja vastuille. Malli on rakennettu siten, että se mahdollistaa kassavirtojen ja vastuiden stokastisen kuvaamisen yksinkertaisten stokastisten prosessien avulla. Käytettäessä deterministisiä lähtötietoja malli käyttäytyy konsistentisti Eläketurvakeskuksen laskelmien kanssa kun taas stokastisten ansiotaso- ja inflaatiomallien käyttö aiheuttaa merkittävää vaihtelua kassavirtojen ja vastuiden kehitykselle.

1.3 Sijoitusuudistuksen vaikutukset

Yllä kuvattuja malleja käytettiin arvioimaan sijoitusuudistuksen vaikutuksia työeläkemaksuun. Tulokset on esitetty raportissa *Sijoitusuudistuksen vaikutus yksityisen sektorin työeläkevakuutusmaksuun*. Raportissa esitetään alustavia laskelmia työeläkevakuutusmaksun kehityksestä vuoteen 2034 saakka nykyisessä työeläkejärjestelmässä sekä Hallituksen 8.6.2006 antaman lakiesityksen mukaisessa järjestelmässä. Laskelmissa on huomioitu sijoitustuotoihin, vakuutusliikkeen kassavirtoihin, palkkasummaan ja vanhuuseläkemenoon liittyvä epävarmuus. Uudessa hallituksen lakiesityksen mukaisessa järjestelmässä vuoden 2034 TyEL-maksun mediaani alenee noin 29%:sta noin 27%:in verrattuna nykyiseen järjestelmään kun osakesijoitusten osuutta sijoitusportfoliossa lisätään. Maksun kehitykseen liittyy kuitenkin huomattavaa epävarmuutta. Maksun kehitykseen vaikuttavat sijoitusstrategia ja lopulliset säännökset. Esimerkiksi osakkeiden osuutta lisäämällä saatetaan päästä vieläkin alempaan TyEL-maksuun, mutta samalla eläkelaitosten konkurssitodennäköisyys kasvaa. Säännöksistä laskuperustekorona noston rajoittaminen vaikuttaa asiakaspalautusten määrään ja kasvattaa huomattavan suurten asiakaspalautusten todennäköisyyttä. Asiakaspalautusten maksaminen vakavaraisuusrajalle asti ei ole täysin työeläkejärjestelmän tavoitteiden mukaista, sillä se nostaa pitkällä aikavälillä sekä työeläkevakuutusmaksua että konkurssitodennäköisyyttä suhteessa esitettyyn vaihtoehtoon. Eläkerahastojen täydennysten kohdentamisella ikäluokittain voidaan vaikuttaa TyEL-maksun kehitykseen, mutta kohdentamisen tarkkojen säännösten puuttuminen vaikeuttaa eläkelaitosten sijoitussuunnittelua merkittävästi.

1.4 Sijoitusstrategian optimointi

Raportissa *Sijoitusstrategian vaikutus työeläkelaitoksen vakavaraisuuteen* on tutkittu sijoitusstrategian merkitystä yksityisen sektorin työeläkelaitoksen pitkän aikavälin rahoituksen riskinhallintaan. Yksinkertaisella numeerisella optimoinnilla on mahdollista löytää strategioita, joilla saavutetaan selkeästi

korkeammat vakavaraisuusasteet pienemmillä riskitasoilla kuin yleisesti käytetyillä yksinkertaisilla päätössäännöillä. Tutkimuksessa havaittiin myös, että vuoden 2007 alussa voimaan tulleessa lakiuudistuksessa on piirteitä, jotka vaikeuttavat olennaisesti yksittäisen eläkelaitoksen rahoitusriskien hallintaa. Esimerkiksi uudistettu vakavaraisuusraja saattaa tietyissä tilanteissa kannustaa epärationaaliseen sijoituskäyttäytymiseen. Toisen vakavan ongelman aiheuttaa laskuperustekorona kaava, joka riippuu koko järjestelmän keskimääräisestä vakavaraisuusasteesta sekä keskimääräisistä osaketuotoista. Tämä saattaa johtaa monimutkaiseen tilanteeseen, jossa eläkkeiden maksamisen sijaan yksittäisen eläkelaitoksen päähuomio kohdistuu toissijaiseen peliteoreettiseen ongelmaan.

Luku 2

Sijoitustuottomalli työeläkelaitoksille

Petri Hilli, Matti Koivu ja Teemu Pennanen

Tiivistelmä

Tässä raportissa on esitetty aikasarjamalli suomalaisen työeläkelaitoksen sijoitustuotoille sekä vakuutustoiminnan kassavirtojen ja vastuiden laskennassa olennaisille ansiotasojen ja elinkustannusindekseille. Malli laajentaa Koivun, Pennasen ja Ranteen aiemmin esittämää mallia lisäämällä siihen inflaation ja jakamalla osakesijoitukset useampaan luokkaan. Malli on lisäksi rakennettu siten, että se huomioi inflaation ja sijoitustuottojen välillä usein havaitun yhteyden ja takaa korkojen välisen johdonmukaisuuden.

2.1 Johdanto

Suomen työeläkejärjestelmässä varaudutaan tuleviin eläkemenoihin sijoittamalla osa kerättävistä työeläkemaksuista sijoitusmarkkinoille ja maksamalla osa eläkemenosta sijoituspääomasta. Järjestelmässä eläkevarojen sijoittaminen ja eläkkeiden maksaminen on annettu työeläkelaitosten hoidettavaksi. Työeläkelaitosten sijoitustoiminta on hyvin pitkäjänteistä, sillä kerättäviin työeläkemaksuihin liittyvät maksuvelvoitteet voivat alkaa vasta usean vuosikymmenen kuluttua. Työeläkelaitosten strategisen rahoituksen riskinhallinnan kannalta on olennaista, että tuleviin sijoitustuottoihin ja vakuutusliikkeen kassavirtoihin sekä vastuisiin liittyvää epävarmuutta pystytään kuvaamaan pitkällä aikavälillä. Tässä raportissa kuvataan stokastinen sijoitustuottomalli yhdeksälle työeläkelaitoksen strategiseen riskinhallintaan olennaisesti vaikuttavalle epävarmuustekijälle.

Stokastisia malleja vakuutuslaitosten sijoitusten ja/tai vakuutustoimintaan liittyvien tekijöiden kuvaamiseen on esitetty kirjallisuudessa paljon. Tunnetuin lienee Wilkien malli [20, 21], joka on ollut esikuvana monille myöhemmin esitetyille malleille; katso esimerkiksi Yakoubov et al. [23] tai Mulvey [17, 18], jossa esitetty malli on ollut käytössä alan johtavalla konsultointiyhtiöllä Towers Perrin Tillinghastilla. Ranne [19] ja Heikkilä [12] ovat esittäneet malleja suomalaisille eläkevakuutuslaitoksille. Muita viimeaikaisia malleja ovat esittäneet Hibbert et al. [13] ja Ahlgrim et al. [1, 2]. Edellä mainittujen mallien ongelmana on hierarkkinen (niin sanottu “cascade”) rakenne, missä aikasarjojen välisiä riippuvuuksia kuvataan yksisuuntaisesti. Tämä sulkee pois esimerkiksi poikkeavien osaketuottojen mahdollisen vaikutuksen inflaatioon tai korkoihin. Lisäksi osa yllämainituista malleista on rakennettu siten, että korot ja hintaindeksit voivat saada negatiivisia arvoja positiivisella todennäköisyydellä. Näitä epärealistisia piirteitä on yritetty korjata esimerkiksi lisäämällä simulointivaiheessa keinotekoisia rajoitteita ongelmallisille muuttujille. Tästä seuraa kuitenkin uusia ongelmia, kuten esimerkiksi positiivisen todennäköisyysmassan kerääntyminen tiettyihin poikkeaviin pisteisiin.

Tässä raportissa on esitetty Englen ja Grangerin [10] VEqC (Vector Equilibrium Correction)-malliin (tunnetaan myös nimellä yhteisintegroituvuusmalli tai vektorivirheenkorjausmalli) perustuva stokastinen malli suomalaisen työeläkelaitoksen sijoitustuotoille sekä ansiotaso- ja elinkustannusindekseille, joita voidaan käyttää työeläkelaitosten kassavirtojen ja vastuiden kehitystä kuvaavissa malleissa. VEqC-malli on vektoriautoregressiivisen mallin yleistys, jonka avulla voidaan kuvata stokastisten muuttujien pitkän aikavälin tasapainotiloja. Vektoriautoregressiivisten mallien etu Wilkien mallin tyyppiin hierarkisiin malleihin nähden on, että niissä ei rajoiteta eri aikasarjojen

välistä kausaalisuutta etukäteen. Vektoriautoregressiivisiä sijoitustuottomalleja ovat esittäneet esimerkiksi Dert [7], Wright [22], Harris [11] ja Campbell et al. [5, 6]. VEqC-malliin perustuvia sijoitustuottomalleja ovat esittäneet esimerkiksi Boender et al. [3] ja Koivu et al. [15].

Koivu et al. esittämässä mallissa positiiviset muuttujat kuten korot ja hintaindeksit esitetään lähtökohtaisesti positiivisina satunnaismuuttujina. Mallin käyttäjä voi myös lisätä malliin “asiantuntijainformaatiota” kuten näkemyksiä tulevista keskimääräisistä sijoitustuotoista tai korkotasosta. Tässä raportissa esitetty malli perustuu Koivu et al. malliin, mutta siihen on lisätty inflaatio ja osakesijoitukset on jaettu neljään eri sijoitusluokkaan. Toisaalta mallia on yksinkertaistettu mallintamalla osake- ja kiinteistösijoitusten kokonaistuottoindeksejä hintaindeksin ja käteistuoton sijaan. Lisäksi hintaindeksit ja korot on mallinnettu reaalisina, minkä avulla voidaan kuvata usein todettua yhteyttä inflaation ja sijoitusmarkkinoiden välillä; katso esimerkiksi Lothian et al. [16] ja sen viitteet. Korkosijoituksia on mallinnettu markkinakorkojen sijaan forward-korkojen avulla mikä takaa eri korkoihin liittyvien diskonttotehtävien pienemisen maturiteetin suhteen. Kaikki aikasarjat on mallinnettu kuukausitasolla.

Luvussa 2.2 on kuvattu käytetty aikasarja-aineisto ja sille tehdyt datamuunnokset, luvussa 2.3 aikasarjamalli ja luvussa 2.4 simulointituloksia.

2.2 Sijoitustuotot ja aikasarja-aineisto

Tavoitteena on mallintaa *kokonaistuotot* seuraaville sijoitusluokille

1. lyhyt korko,
2. pitkä korko,
3. suomalaiset osakkeet,
4. eurooppalaiset osakkeet,
5. pohjoisamerikkalaiset osakkeet,
6. aasialaiset osakkeet,
7. kiinteistöt.

Kokonaistuotto koostuu sijoituksen arvonmuutoksesta sekä käteistuotosta. Lyhyen koron tuotto R^1 määräytyy lyhyen koron F^1 mukaan seuraavasti

$$R_t^1 = e^{\Delta t F_{t-1}^1},$$

missä Δt on aika-askeleen pituus vuosina. Lyhyt korko F^1 mallinnetaan positiivisena stokastisena prosessina, mikä takaa että $R^1 > 0$. Pitkän koron

tuottoa R^2 approksimoidaan kaavalla

$$R_t^2 = \Delta t Y_{t-1} + \left(\frac{1 + Y_t}{1 + Y_{t-1}} \right)^{-D},$$

missä Y on pitkä korko; katso liite 2.5. Osakesijoitusten tuotot R^j määräytyvät kokonaistuottoindeksien S^j perusteella

$$R_t^j = \frac{S_t^j}{S_{t-1}^j} \quad j = 3, \dots, 6.$$

Kiinteistösijoitusten kokonaistuotto R^7 muodostuu arvonmuutoksesta ja vuokratuotosta

$$R_t^7 = \Delta tr_t + \frac{S_t^7}{S_{t-1}^7}.$$

Tässä S^7 on kiinteistöhintaindeksi ja r on prosentuaalinen vuotuinen vuokratuotto.

Kokonaistuottojen lisäksi kehitetty malli sisältää kuvauksen yleisen ansio-
tasoindeksin W ja elinkustannusindeksin I kehityksestä. Näitä voidaan käyttää työeläkelaitosten kassavirtojen ja vastuiden kehitystä kuvaavissa malleissa; katso Hilli ja Pennanen [14]. Elinkustannusindeksi on hyödyllinen myös itse kokonaistuottojen kuvaamisessa sillä, kuten aiemmin todettiin, sen on havaittu olevan yhteydessä esimerkiksi osaketuottoihin pitkällä aikavälillä.

Estimoinnissa käytetty aikasarja-aineisto koostuu seuraavien aikasarjojen kuukausihavainnoista tammikuusta 1996 joulukuuhun 2005:

F^1 Saksan kolmen kuukauden korko 1996-1998 ja kolmen kuukauden euribor-korko 1999-2005, Saksan korkosarja on saatu Datastreamista (<http://www.datastream.com>) ja kolmen kuukauden euribor-koron aikasarja on saatu lähteestä <http://www.euribor.org>,

Y Saksan viiden vuoden korko, aikasarja on saatu Datastreamista,

S^3 OMX HELSINKI CAP-kokonaistuottoindeksi, aikasarja on saatu Datastreamista,

S^4 DJ EURO STOXX 50-kokonaistuottoindeksi, aikasarja on saatu lähteestä <http://www.stoxx.com>,

S^5 DJ Americas 600-kokonaistuottoindeksi, aikasarja on saatu lähteestä <http://www.stoxx.com>,

S^6 DJ Asia/Pacific 600-kokonaistuottoindeksi, aikasarja on saatu lähteestä <http://www.stoxx.com>,

S^7 1996-1997 interpoloitu Englannin kiinteistöhintaindeksi ja 1998-2005 interpoloitu Kiinteistöalan instituutin (KTI) kiinteistöindeksi, Englannin kiinteistöhintaindeksi on saatu lähteestä <http://www.ipdindex.co.uk/> ja KTI:n indeksi lähteestä <http://www.kti.fi>, vuositason aikasarjat on interpoloitu kuukausihavainnoiksi,

r KTI:n vuokratuottojen vuosihavainnot 1998-2005, aikasarja saatu lähteestä <http://www.kti.fi>,

W kausitasoitettu ja interpoloitu Suomen ansiotasoindeksi, neljännesvuosihavaintojen aikasarja saatu Tilastokeskukselta ja interpoloitu kuukausihavainnoiksi,

I kausitasoitettu Euroalueen elinkustannusindeksi, aikasarja saatu lähteestä <http://epc.eurostat.cec.eu.int>.

Nämä aikasarjat on esitetty liitteen 2.8 kuvissa kuitenkin siten, että ansiotaso ja elinkustannusindekseistä on esitetty muutokset. Koska kiinteistösijoitusten vuokratuotto r on ollut lähes vakio, se päätettiin yksinkertaisuuden mallintaa vakiona $r_t = 6,9\%$ kaikilla t . Muut 9 tekijää mallinnetaan alla kuvattujen muunnosten kautta moniulotteisella aikasarjamallilla.

Kuten lyhyt korko F^1 , myös niin sanottu *forward-korko*

$$F^2 = \frac{t_2 Y - t_1 F^1}{t_2 - t_1}$$

on aina positiivinen, mikä vastaa sitä, että diskonttokerroin pienenee matu-riteetin kasvaessa, katso esimerkiksi Cairns [4, s. 5]. Jos lyhyen koron F^1 ja forward-koron F^2 arvot tunnetaan, saadaan pitkän koron Y arvo laskettua kaavasta

$$Y_t = \frac{t_1 F^1 + (t_2 - t_1) F^2}{t_2}.$$

Prosessien $F^1, F^2, S^3, S^4, S^5, S^6, S^7, W$ ja I positiivisuus taataan mallintamalla niiden logaritmeja $f^1, f^2, s^3, s^4, s^5, s^6, s^7, w$ ja i reaaliarvoisina prosesseina. Näin saadut sarjat muutetaan vielä reaalisiksi vähentämällä forward-korkojen logaritmeista kuukausi-inflaatio, eli elinkustannusindeksin logaritmin ensimmäinen differenssi $\Delta i_t = i_t - i_{t-1}$ kerrottuna käyttäjän antamalla parametrilla p ja osakeindeksien ja ansiotasoindeksin logaritmeista

elinkustannusindeksin logaritmi. Näin saadut log-reaaliset sarjat

$$\begin{aligned}\tilde{f}_t^1 &= f_t^1 - p\Delta i_t \\ \tilde{f}_t^2 &= f_t^2 - p\Delta i_t \\ \tilde{s}_t^3 &= s_t^3 - i_t \\ \tilde{s}_t^4 &= s_t^4 - i_t \\ \tilde{s}_t^5 &= s_t^5 - i_t \\ \tilde{s}_t^6 &= s_t^6 - i_t \\ \tilde{s}_t^7 &= s_t^7 - i_t \\ \tilde{w}_t &= w_t - i_t\end{aligned}$$

on esitetty liitteessä 2.8. Aikasarjojen “realisoinnilla” pyritään mallintamaan monissa tutkimuksissa havaittu yhteys inflaation sekä korkojen ja osaketuotteiden välillä pitkällä aikavälillä; katso esimerkiksi [16] ja sen viitteet. Parametrin p sopivalla valinnalla voidaan parantaa log-reaalisten aikasarjojen tilastollista sopivuutta estimoitavaan aikasarjamalliin. Tässä työssä päädyttiin arvoon $p = 2, 4$.

Taulukossa 2.1 on esitetty DF-GLS yksikköjuuritestien tulokset luvussa 2.2 johdetuille aikasarjoille. Käytetty DF-GLS testi [9] on modifikaatio yleisesti käytetystä ADF yksikköjuuritestistä [8], jolla testin tilastollista voimaa ja ominaisuuksia pienissä otoksissa on saatu parannettua. Viivetermien lukumäärä suoritetuissa testeissä on valittu Schwarz-informaatiokriteeriä käyttäen. Deterministiset termit testeissä (vakio, trendi) on valittu puhtaasti aikasarjojen historiallisen käyttäytymisen ja intuition perusteella. Testitulosten perusteella log-reaaliset aikasarjat ovat $I(1)$ prosesseja, mutta niiden ensimmäiset differenssit ovat stationaarisia muiden paitsi kiinteistöhintaindeksin tapauksessa. Kiinteistöhintaindeksin differenssin tilastollinen epästationaarisuus saattaa johtua käytetyn datan puutteellisuudesta. Kiinteistösijoitusten kuukausittaisen arvovaihtelun oletetaan kuitenkin olevan pitkällä aikavälillä stationaarinen, joten luvussa 2.3 rakennettavassa aikasarjamallissa kiinteistöhintaindeksin differenssi mallinnetaan stationaarisena aikasarjana.

2.3 Aikasarjamalli

Epästationaarisia aikasarjoja, joiden ensimmäiset differenssit ovat stationaarisia, kuvataan usein ARIMA-tyyppisillä malleilla. Tässä työssä on päädytty Vector Equilibrium Correction-malliin, joka yleistää ARIMA-malleja lisäämällä niihin niin sanotun Equilibrium Correction-termin; katso Engle ja

Taulukko 2.1: Yksikköjuuritestien tulokset.

Aika- sarja	Deterministiset termit	Viivetermien lukumäärä	DF-GLS testin t-arvo
\tilde{f}^1	vakio	0	-0,886
\tilde{f}^2	vakio	0	-0,708
\tilde{s}^3	vakio, trendi	0	-1,206
\tilde{s}^4	vakio, trendi	0	-0,839
\tilde{s}^5	vakio, trendi	0	-0,883
\tilde{s}^6	vakio, trendi	1	-1,606
\tilde{s}^7	vakio, trendi	1	-2,352
\tilde{w}	vakio, trendi	1	-2,245
\tilde{i}	vakio, trendi	1	-1,642
$\Delta \tilde{f}^1$	vakio	0	-9,282***
$\Delta \tilde{f}^2$	vakio	2	-3,238***
$\Delta \tilde{s}^3$	vakio	0	-7,979***
$\Delta \tilde{s}^4$	vakio	0	-9,579***
$\Delta \tilde{s}^5$	vakio	0	-9,702***
$\Delta \tilde{s}^6$	vakio	0	-8,099***
$\Delta \tilde{s}^7$	vakio	0	-1,115
$\Delta \tilde{w}$	vakio	0	-3,130***
$\Delta \tilde{i}$	vakio	0	-1,778*

***, **, * ilmaisee yksikköjuurinollahypoteesin kumoamista 1%, 5%, 10% luottamustasolla.

Granger [10]. Tarkemmin, oletetaan että 9-ulotteinen prosessi

$$x = \begin{bmatrix} \tilde{f}^1 \\ \tilde{f}^2 \\ \tilde{s}^3 \\ \tilde{s}^4 \\ \tilde{s}^5 \\ \tilde{s}^6 \\ \tilde{s}^7 \\ \tilde{w} \\ i \end{bmatrix}$$

toteuttaa

$$\Delta_{\delta} x_t = A \Delta_{\delta} x_{t-1} + \alpha(\beta^T x_{t-1} - \gamma) + \varepsilon_t,$$

missä

$$\Delta_{\delta}x_t := x_t - x_{t-1} - \delta$$

ja ε_t on normaalijakautunut 9-ulotteinen vektori, jonka odotusarvo on nol-lavektori. Vektorin ε_t varianssimatriisi $\Omega \in \mathbb{R}^{9 \times 9}$ sekä matriisit $A \in \mathbb{R}^{9 \times 9}$, $\beta \in \mathbb{R}^{9 \times 2}$ ja $\alpha \in \mathbb{R}^{9 \times 2}$ sekä vektorit $\gamma \in \mathbb{R}^2$ ja $\delta \in \mathbb{R}^9$ ovat mallin parametre-ja.

Jos matriisiin

$$\begin{bmatrix} A & \alpha \\ \beta^T A & \beta^T \alpha + I \end{bmatrix}$$

ominaisarvot ovat yksikköympyrän sisällä ja jos $\beta^T \delta = 0$, niin tällöin vekto-rien $\Delta_{\delta}x_t$ ja $\beta^T x_t - \gamma$ odotusarvot konvergoivat nollaan; katso liite 2.6. Toisin sanoen, pitkällä aikavälillä

$$E\Delta x_t = \delta \quad \text{ja} \quad E\beta^T x_t = \gamma.$$

Vektorien δ ja γ sekä matriisin β arvot kiinnitetään ennen muiden paramet-rien A , α ja Ω estimointia.

Kirjoittamalla Δx_t muotoon

$$\Delta x_t = \begin{bmatrix} \Delta \tilde{f}_t^1 \\ \Delta \tilde{f}_t^2 \\ \Delta \tilde{s}_t^3 \\ \Delta \tilde{s}_t^4 \\ \Delta \tilde{s}_t^5 \\ \Delta \tilde{s}_t^6 \\ \Delta \tilde{s}_t^7 \\ \Delta \tilde{w}_t \\ \Delta i_t \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \Delta \tilde{f}_t^1 \\ \Delta \tilde{f}_t^2 \\ \Delta s_t^3 - \Delta i_t \\ \Delta s_t^4 - \Delta i_t \\ \Delta s_t^5 - \Delta i_t \\ \Delta s_t^6 - \Delta i_t \\ \Delta s_t^7 - \Delta i_t \\ \Delta w_t - \Delta i_t \\ \Delta i_t, \end{bmatrix}$$

nähdään, että vektorin δ kaksi ensimmäistä komponenttia määräävät logarit-misten reaalikorkojen keskimääräiset muutosnopeudet, neljä seuraavaa kom-ponenttia osakkeiden keskimääräiset reaalituotot, kahdeksas komponentti rea-alisen ansiotason keskimääräisen nousun ja viimeinen komponentti keski-määräisen inflaation. Koska ei ole syytä olettaa, että logaritmisten reaalikor-kojen muutosnopeus poikkeaisi pitkällä aikavälillä nollasta, asetetaan vekto-rin δ kahden ensimmäisen komponentin arvoksi nolla. Vektorin δ loput arvot asetetaan käyttäjän näkemysten mukaisesti.

Tässä työssä on valittu

$$\delta = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0,0060 \\ 0,0052 \\ 0,0052 \\ 0,0060 \\ 0 \\ 0,0014 \\ 0,0015 \end{pmatrix}.$$

Viimeinen komponentti antaa kuukausi-inflaation mikä vastaa 1,8%:n vuosi-inflaatiota. Toiseksi viimeinen komponentti antaa reaalisien ansiotason kasvun kuukausitasolla, mikä vastaa 1,7%:n vuotuista reaalista ansiotason kasvua. Osaketuottojen keskimääräiset driftit vastaavat 9%:n nominaalista log-tuottoa Suomen ja Aasian markkinoilla ja 8%:n nominaalista log-tuottoa Euroopassa ja Pohjois-Amerikassa. Kiinteistösijoitusten hintaindeksin reaalin kasvu on oletettu nolllaksi.

Matriisin β arvoksi valitaan

$$\beta = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix},$$

mikä vastaa logaritmisten reaalikorkojen keskiarvohakuisuutta. Vektori γ määrää tällöin logaritmisten reaalikorkojen pitkän aikavälin keskiarvot. Tässä työssä on valittu

$$\gamma = \begin{pmatrix} 0,8187 \\ 1,1585 \end{pmatrix},$$

mikä vastaa noin 3,25%:n ja 4,5%:n nominaalikorkoja pitkällä aikavälillä.

Aikasarjamallin loput parametrit A , α ja Ω estimoitiin aikasarjojen historiallisista arvoista; katso liite 2.7. Matriisien A ja α alkioista suurin osa pakotettiin nollliksi, millä haluttiin välttää pelkän historiadatan perusteella ennustamista ja vastaavasti kasvattaa satunnaisttermin hajontaa.

Taulukko 2.2: Kokonaistuottojen logaritmien ja ansiotaso- ja elinkustannusindeksin log-differenssien tunnuslukuja.

	Data		Simulaatiot	
	Keskiarvo	Hajonta	Keskiarvo	Hajonta
$\ln R^1$	0,032	0,002	0,031	0,003
$\ln R^2$	0,055	0,033	0,041	0,038
$\ln R^3$	0,098	0,227	0,090	0,224
$\ln R^4$	0,097	0,183	0,080	0,181
$\ln R^5$	0,088	0,196	0,080	0,194
$\ln R^6$	0,026	0,208	0,092	0,207
$\ln R^7$	0,086	0,008	0,082	0,006
$\Delta \ln W$	0,035	0,002	0,035	0,002
$\Delta \ln I$	0,018	0,001	0,018	0,001

2.4 Esimerkkisimulaatioita

Liitteessä 2.8 olevissa kuvissa 2.18 - 2.24 on esitetty yksittäinen mallin tuottama esimerkkisimulaatio. Realisaation käyttäytyminen vastaa silmämääräisesti varsin hyvin aikasarjojen historiallista käyttäytymistä. Lyhyt ja pitkä korko, inflaatio sekä ansiotasoindeksin muutokset samoin kuin osakeindeksit liikkuvat samansuuntaisesti keskenään. Simulontimallin keskimääräistä käyttäytymistä tutkittiin simuloimalla 10 000 kymmenen vuoden realisaatiota lähtien vuoden 2005 lopun tilanteesta. Taulukossa 2.2 on esitetty historiallisten ja simuloitujen log-tuottojen ja log-differenssien keskiarvot ja hajonnat. Osakkeiden simuloitujen log-tuottojen keskiarvot sekä ansiotaso- ja elinkustannusindeksien log-differenssit vastaavat hyvin luvussa 2.3 annetun drift-vektorin δ arvoja. Lähtötilanteen korkotason poikkeaminen alaspäin tasapainoarvoista aiheuttaa matalia korkotuottoja simulointiperiodin alussa. Simulaatiosta lasketut hajonnat vastaavat melko tarkkaan historiallisia hajontoja.

Kirjallisuutta

- [1] Kevin C. Ahlgrim, Stephen P. D’Arcy ja Richard W. Gorvett. Report on Modeling of Economic Series Coordinated with Interest Rate Scenarios. Tekninen raportti, Casual Actuarial Society, 2004.
- [2] Kevin C. Ahlgrim, Stephen P. D’Arcy ja Richard W. Gorvett. A Comparison of Actuarial Financial Scenario Generators. Teoksessa *Proceedings of the American Risk and Insurance Association annual meeting*. 2006.
- [3] C. G. E. Boender, P.C. van Aalst ja F. Heemskerk. Modelling and management of assets and liabilities of pension plans in the Netherlands. Teoksessa William T. Ziemba ja John M. Mulvey, toimittajat, *Worldwide asset and liability management*, sivut 561–580. Cambridge University Press, 1998.
- [4] A. J. G. Cairns. *Interest rate models: An introduction*. Princeton University Press, 2004.
- [5] John Y. Campbell, Yeung Lewis Chan ja Luis M. Viceira. A multivariate model of strategic asset allocation. *Journal of Financial Economics*, **67**, no. 1, 41–80, 2003.
- [6] John Y. Campbell ja Luis M. Viceira. Strategic Asset Allocation in a Continuous-Time VAR Model. *Journal of Economic Dynamics and Control*, **28**, no. 11, 2195–2214, 2004.
- [7] C. L. Dert. A dynamic model for asset liability management for defined benefit pension funds. Teoksessa William T. Ziemba ja John M. Mulvey, toimittajat, *Worldwide asset and liability management*, sivut 501–536. Cambridge University Press, 1998.
- [8] D. A. Dickey ja W. A. Fuller. Likelihood ratio statistics for autoregressive time series with a unit root. *Econometrica*, **49**, 1057–1072, 1981.
- [9] G. Elliot, T. J. Rothenberg ja J. H. Stock. Efficient tests for an autoregressive unit root. *Econometrica*, **64**, 813–836, 1996.

- [10] Robert F. Engle ja C. W. J. Granger. Co-integration and error correction: representation, estimation, and testing. *Econometrica*, **55**, no. 2, 251–276, 1987.
- [11] G. Harris. Markov chain Monte Carlo estimation of regime switching vector autoregressions. *ASTIN Bulletin*, **29**, 47–79, 1999.
- [12] M. Heikkilä. Tel-järjestelmän yhteinen tuottovelvoite ja yksittäisen yhtiön sijoitustuottojen jäännösvarianssi. Working paper, Suomen Aktuaariyhdistys, 2004.
- [13] John Hibbert, Philip Mowbray ja Craig Turnbull. A Stochastic Asset Model & Calibration for Long-Term Financial Planning Purposes. Tekninen raportti, Barrie & Hibbert Limited, 2001.
- [14] P. Hilli ja T. Pennanen. Työeläkelaitoksen kassavirta-vastuumalli. Vakuutusvalvontaviraston julkaisusarja, Vakuutusvalvontavirasto, 2006.
- [15] M. Koivu, T. Pennanen ja A. Ranne. Modeling assets and liabilities of a Finnish pension insurance company: a VEqC approach. *Scandinavian Actuarial Journal*, **2005**, no. 1, 46–76, 2005.
- [16] James R. Lothian ja Cornelia McCarthy. Equity returns and inflation: the puzzlingly long lags. *Research in Banking and Finance*, **2**, 149–166, 2001.
- [17] John M. Mulvey. Generating scenarios for the Towers Perrin investment system. *INTERFACES*, **26**, no. March-April, 1–15, 1996.
- [18] John M. Mulvey ja A. Eric Thorlacius. The Towers Perrin global capital market scenario generation system. Teoksessa William T. Ziemba ja John M. Mulvey, toimittajat, *Worldwide asset and liability management*, sivut 286–312. Cambridge University Press, 1998.
- [19] A. Ranne. The Finnish stochastic investment model. Teoksessa *Transactions of the 26th ICA*, sivut 213–238. 1998.
- [20] A. D. Wilkie. A stochastic investment model for actuarial use. *Transactions of the Faculty of Actuaries*, **39**, 341–403, 1986.
- [21] A. D. Wilkie. More on a stochastic asset model for actuarial use. *British Actuarial Journal*, **1**, 777–964, 1995.
- [22] I. D. Wright. A stochastic asset model using vector auto-regression. Actuarial research report no. 108, City University, 1998.

- [23] Y.H. Yakoubov, M. H. Teeger ja D. B. Duval. Stochastic investment model for asset and liability management. AFIR Colloquium, 1999. www.actuaries.org/members/en/AFIR/colloquia/Tokyo/papers.cfm.

Liitteet

2.5 Pitkän koron sijoitusten arvon muutos

Pitkän koron sijoitusten arvo voidaan lausua muodossa

$$P(Y) = \sum_{t=1}^T \frac{c_t}{(1+Y)^t},$$

missä c_t on korkoinstrumenttien antama käteistuotto vuonna t ja Y on pitkä korko (“yield to maturity”). Pitkän koron sijoitusten arvo on siis positiivinen funktio sekä kassavirroista c_t että Y :stä. Arvon $P(Y)$ derivaatan vastalukua kutsutaan yleisesti *duraatioksi*. Duraatio kuvaa korkosijoitusten herkkyyttä korkotason suhteen ja sitä voidaan käyttää pitkän koron sijoitusten arvon muutoksen approksimoimisessa

$$P(Y) \approx P(Y_0) - D(Y - Y_0).$$

Tämän kaavan ilmeinen ongelma on että se saattaa ennustaa negatiivisia arvoja kun korkotason poikkeama $(Y - Y_0)$ on suuri. Tässä työssä ongelma on kierretty käyttämällä niin sanottua *logaritmista duraatiota*, joka määritellään

$$D = -\frac{d \ln P(Y)}{dY}.$$

Luvussa 2.2 esitetty pitkän koron sijoitusten kokonaistuoton kaava perustuu approksimaatioon

$$\Delta \ln P(Y) \approx -D \Delta Y.$$

Toisin sanoen suhteellinen arvon muutos

$$\frac{P_t(Y_t)}{P_{t-1}(Y_{t-1})} \approx \exp(-D(Y_t - Y_{t-1})) = \left(\frac{e^{Y_t}}{e^{Y_{t-1}}} \right)^{-D} \approx \left(\frac{1 + Y_t}{1 + Y_{t-1}} \right)^{-D}.$$

Luvussa 2.2 käytetty pitkän koron sijoitusten kokonaistuoton lauseke saadaan lisäämällä tähän lausekkeeseen käteistuotto, jota approksimoidaan vallitsevan korkotason Y avulla.

2.6 VEqC-mallin stationaarisuusehto

Luvussa 2.3 esitetty VEqC-malli voidaan kirjoittaa muotoon

$$z_t = Bz_{t-1} + b + \eta_t,$$

missä

$$z_t = \begin{bmatrix} \Delta_\delta x_t \\ \beta^T x_t - \gamma \end{bmatrix}, \quad B = \begin{bmatrix} A & \alpha \\ \beta^T A & \beta^T \alpha + I \end{bmatrix},$$

$$b = \begin{bmatrix} 0 \\ -\beta^T \delta \end{bmatrix}, \quad \eta_t = \begin{bmatrix} \varepsilon_t \\ 0 \end{bmatrix}.$$

Jos $\beta\delta = 0$ niin vektorin z odotusarvo toteuttaa

$$Ez_t = BEz_{t-1} = B^t z_0.$$

Jos matriisiin B kaikki ominaisarvot ovat yksikköympyrän sisällä, pätee $Ez_t \rightarrow 0$ kun $t \rightarrow \infty$.

2.7 Estimoidut parametrit

$$\mathbf{A} = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0,21 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0,17 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0,12 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0,09 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0,21 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0,98 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0,70 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0,93 \end{pmatrix}$$

$$\alpha = \begin{pmatrix} -0,07 & 0,09 \\ 0 & -0,03 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{pmatrix}$$

$$\mathbf{\Omega} = \text{diag}(\sigma)\rho\text{diag}(\sigma),$$

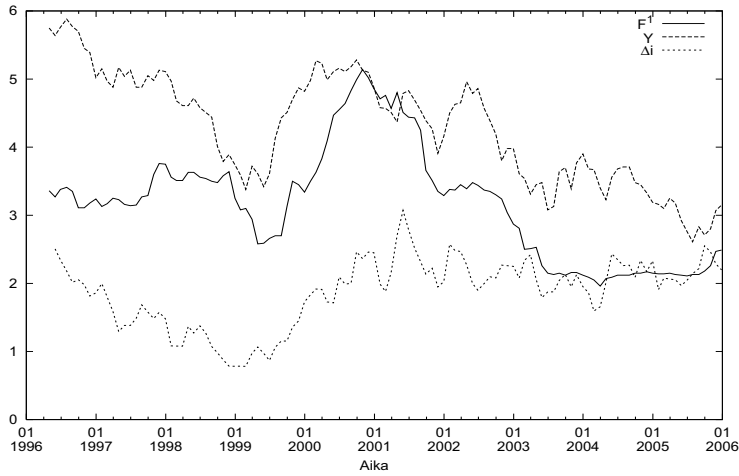
missä korrelaatiomatriisi

$$\rho = \begin{pmatrix} 1 & & & & & & & & \\ 0,400 & 1 & & & & & & & \\ -0,149 & -0,067 & 1 & & & & & & \\ -0,023 & -0,011 & 0,811 & 1 & & & & & \\ -0,088 & -0,093 & 0,710 & 0,826 & 1 & & & & \\ -0,103 & 0,024 & 0,563 & 0,556 & 0,635 & 1 & & & \\ 0,113 & 0,159 & 0,092 & 0,091 & 0,091 & -0,074 & 1 & & \\ 0,192 & 0,126 & -0,048 & -0,002 & -0,097 & 0,071 & 0,019 & 1 & \\ -0,612 & -0,481 & 0,103 & 0,004 & 0,054 & 0,053 & -0,241 & -0,501 & 1 \end{pmatrix}$$

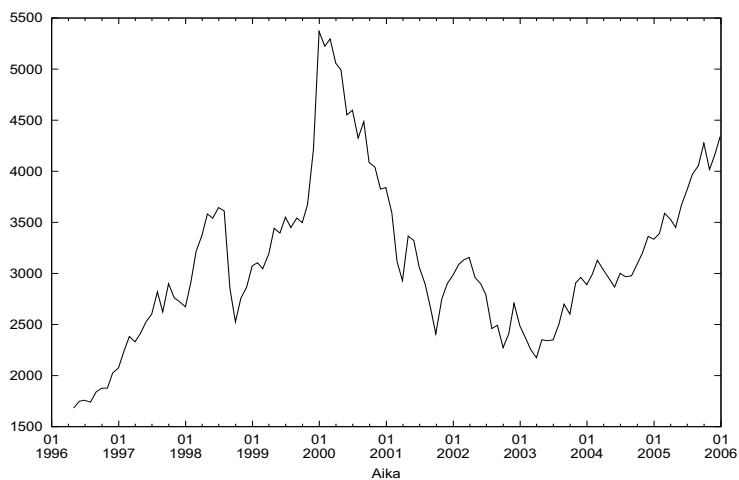
ja hajontavektori

$$\sigma = 10^{-3} (53,976 \ 57,361 \ 64,067 \ 52,025 \ 55,885 \ 58,797 \ 0,565 \ 0,388 \ 0,157) .$$

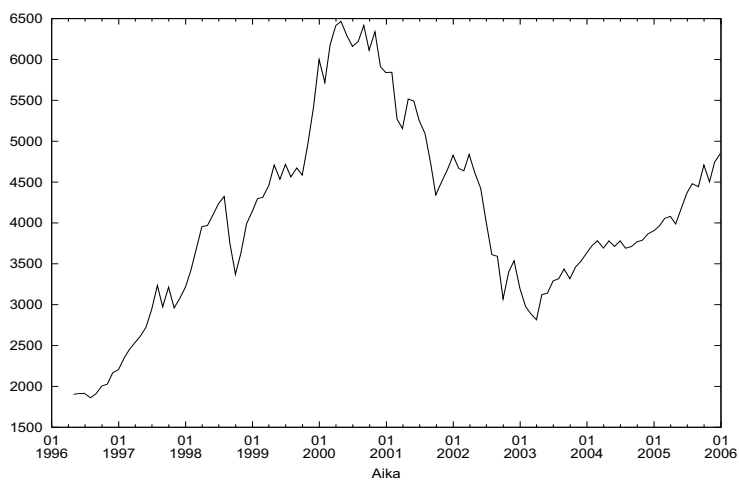
2.8 Kuvat



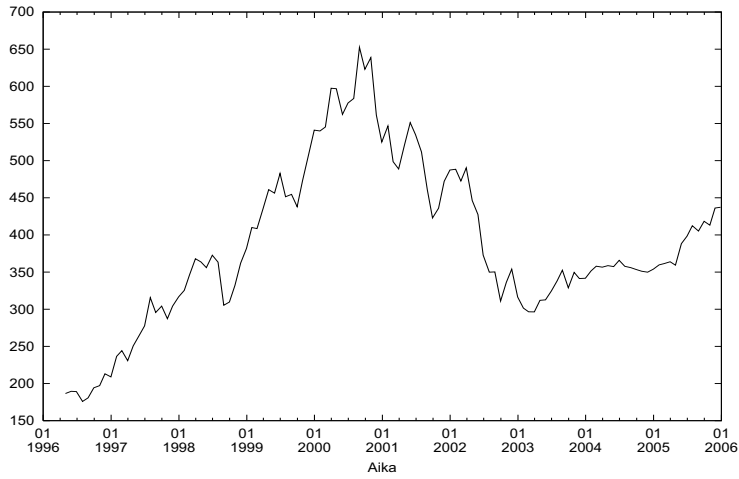
Kuva 2.1: Historiallinen $F^1, Y, \Delta I$



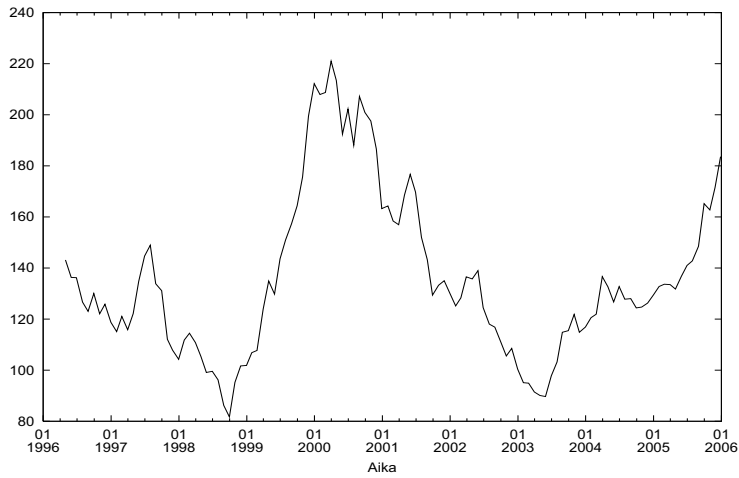
Kuva 2.2: Historiallinen S^3



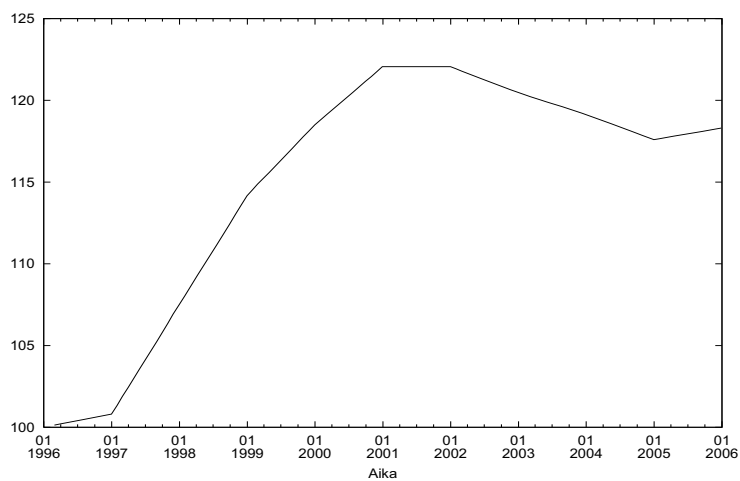
Kuva 2.3: Historiallinen S^4



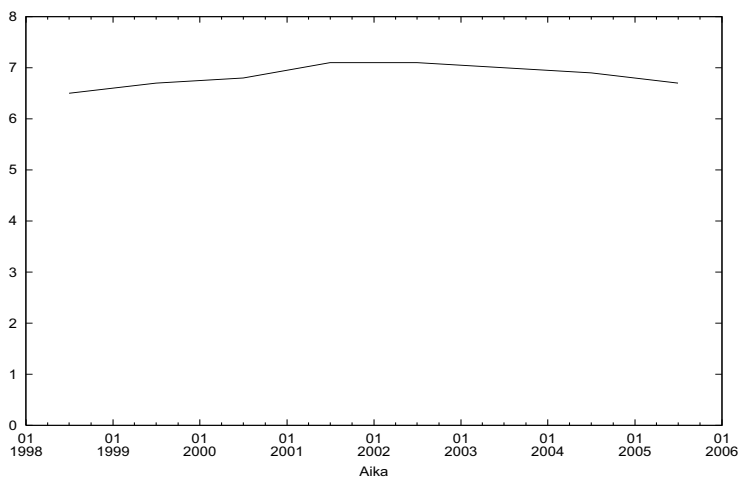
Kuva 2.4: Historiallinen S^5



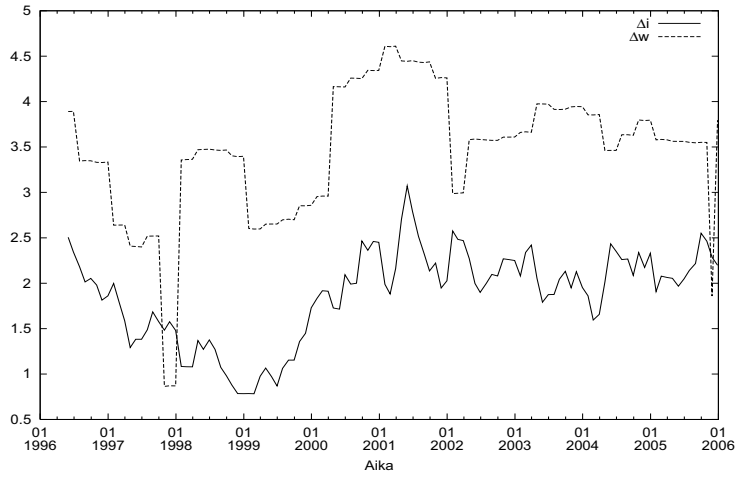
Kuva 2.5: Historiallinen S^6



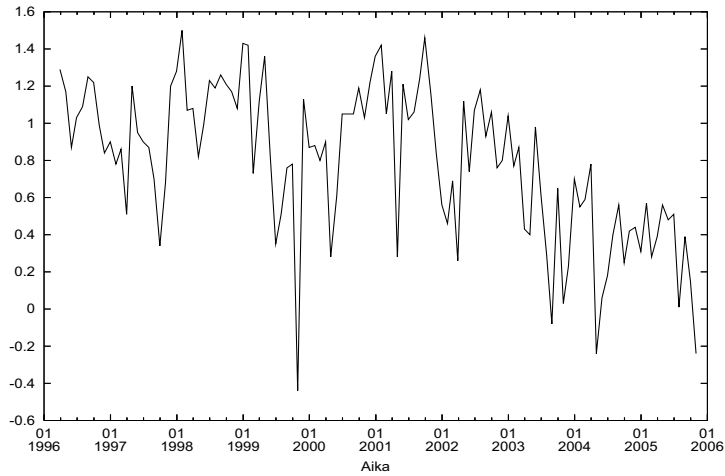
Kuva 2.6: Historiallinen S^7



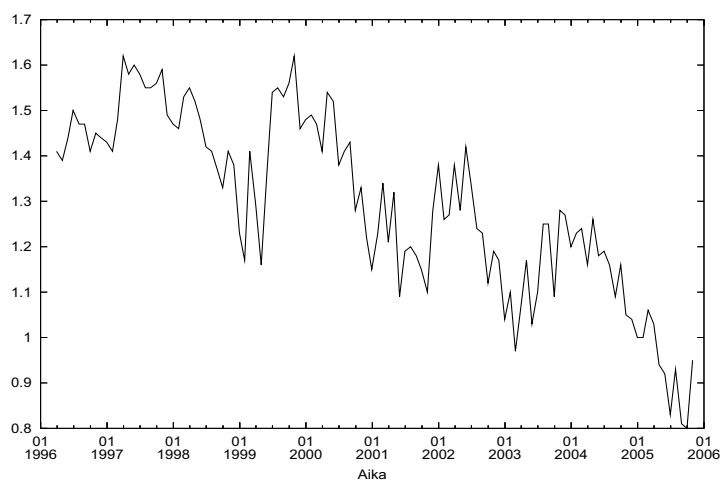
Kuva 2.7: Historiallinen r



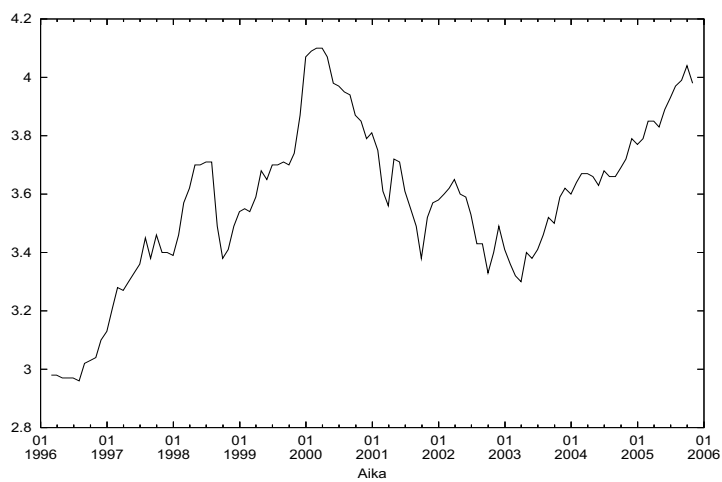
Kuva 2.8: Historiallinen $\Delta W, \Delta i$



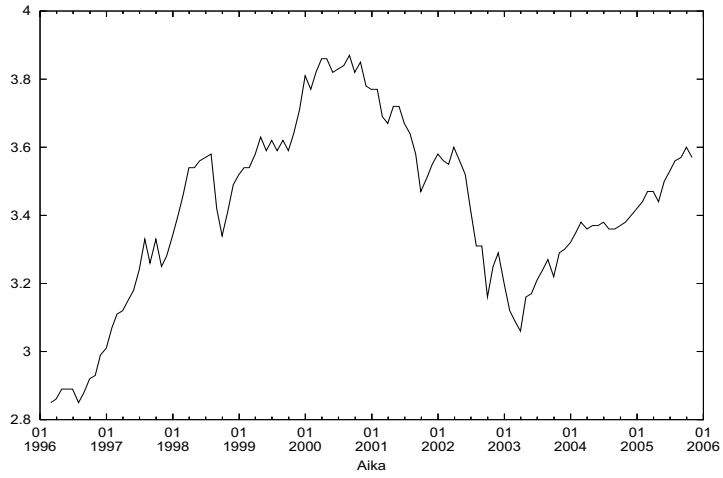
Kuva 2.9: Historiallinen \tilde{f}^1



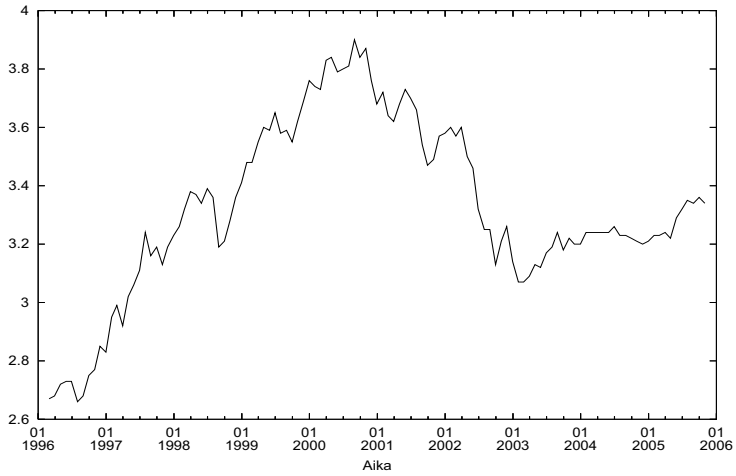
Kuva 2.10: Historiallinen \hat{f}^2



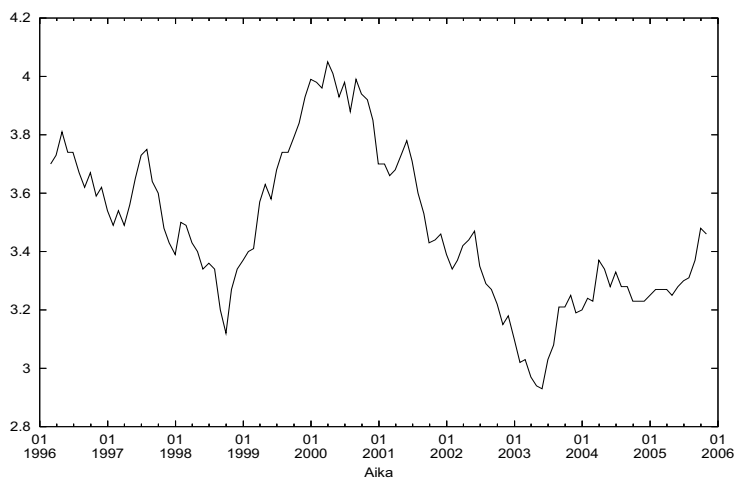
Kuva 2.11: Historiallinen \hat{s}^3



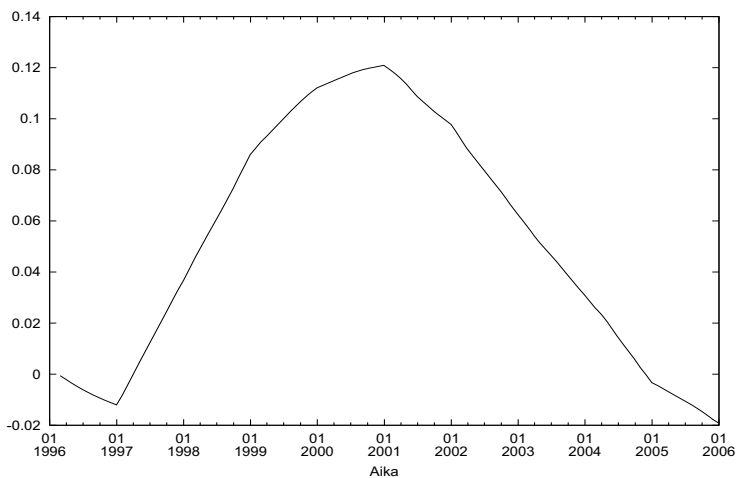
Kuva 2.12: Historiallinen \tilde{s}^4



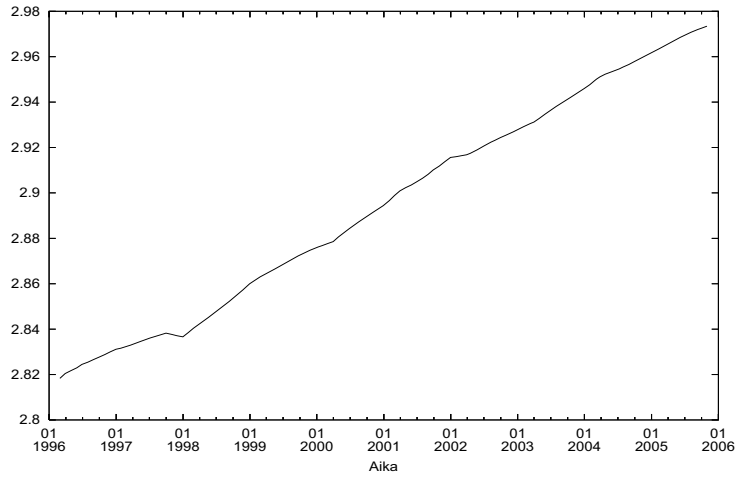
Kuva 2.13: Historiallinen \tilde{s}^5



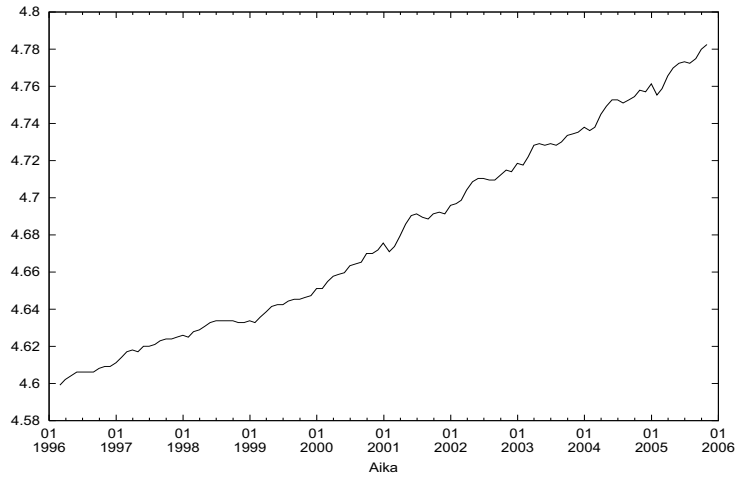
Kuva 2.14: Historiallinen \tilde{s}^6



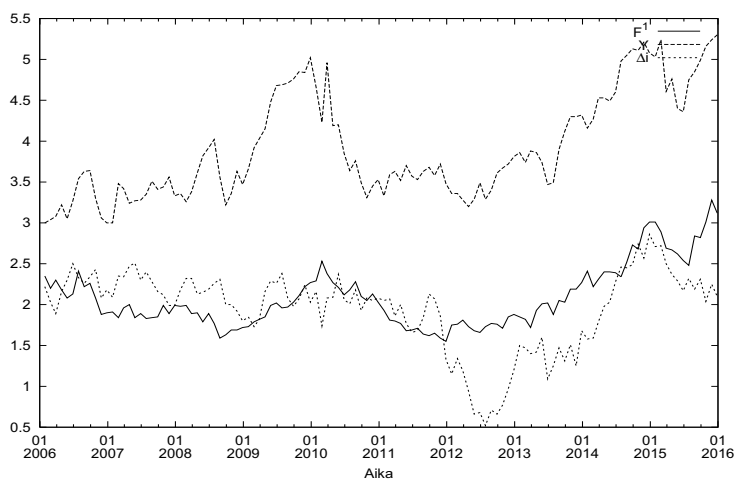
Kuva 2.15: Historiallinen \tilde{s}^7



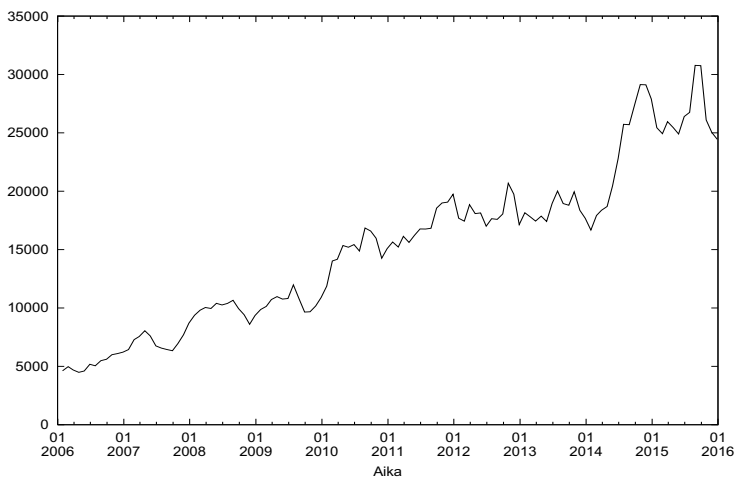
Kuva 2.16: Historiallinen \tilde{w}



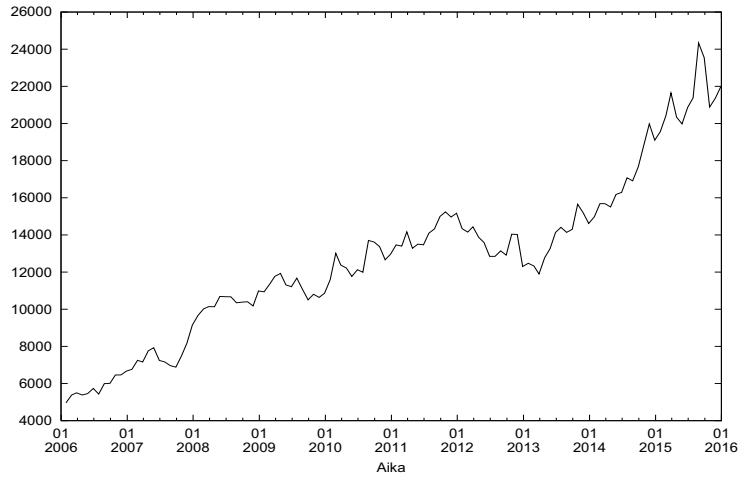
Kuva 2.17: Historiallinen i



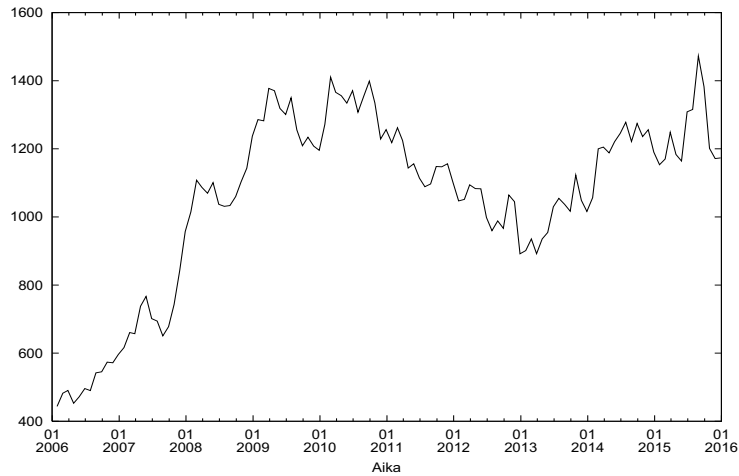
Kuva 2.18: Simuloitu $F^1, Y, \Delta i$



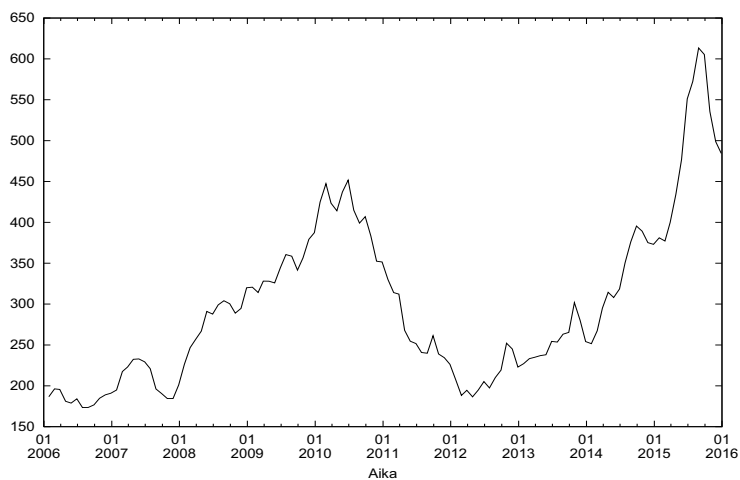
Kuva 2.19: Simuloitu S^3



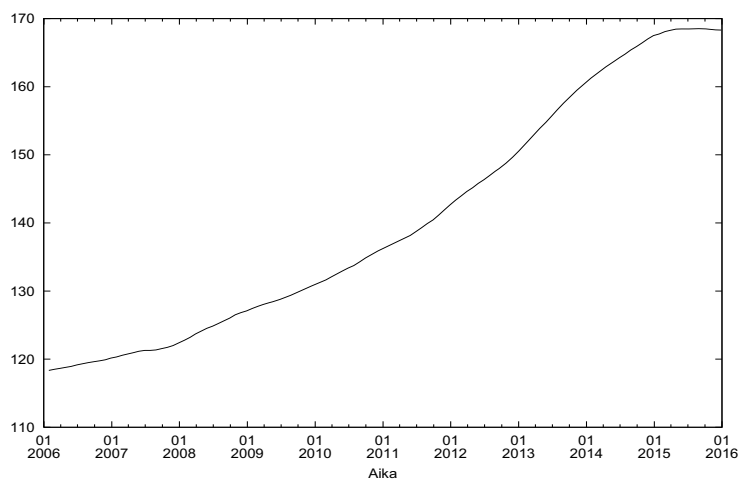
Kuva 2.20: Simuloitu S^4



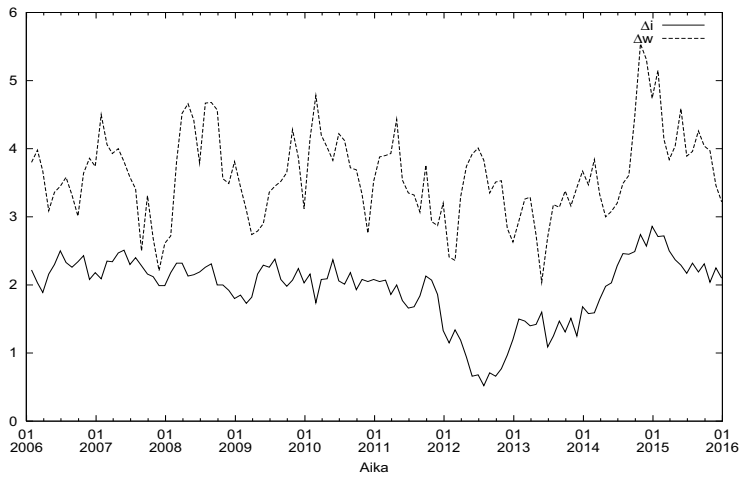
Kuva 2.21: Simuloitu S^5



Kuva 2.22: Simuloitu S^6



Kuva 2.23: Simuloitu S^7



Kuva 2.24: Simuloitu $\Delta W, \Delta i$

Luku 3

Työeläkelaitoksen kassavirta-vastuumalli

Petri Hilli ja Teemu Pennanen

Tiivistelmä

Tässä raportissa esitetään yksinkertainen numeeriseen laskentaan soveltuva malli suomalaisen työeläkelaitoksen lakisääteiseen vakuutustointintaan liittyville kassavirroille ja vastuille. Malli on rakennettu siten, että se mahdollistaa kassavirtojen ja vastuiden stokastisen kuvaamisen yksinkertaisten stokastisten prosessien avulla. Käytettäessä deterministisiä lähtötietoja malli käyttäytyy konsistentisti Eläketurvakeskuksen laskelmien kanssa kun taas stokastisten ansiotaso- ja inflaatiomallien käyttö aiheuttaa merkittävää vaihtelua kassavirtojen ja vastuiden kehitykselle.

3.1 Johdanto

Suomalaisen työeläkelaitoksen rahoituksen riskinhallinnassa keskeisimpiä epävarmuuden lähteitä ovat sijoitustuotot sekä vakuutustoimintaan liittyvät kassavirrat ja vastuut. Stokastisia sijoitustuottomalleja on käsitelty paljon; katso esimerkiksi Hilli ja Pennanen [6] ja sen viitteet. Tässä raportissa esitetään numeeriseen laskentaan soveltuva malli vuonna 2007 voimaan tulevan Työntekijän eläkelain (TyEL) 2 §:ssä tarkoitetun työeläkelaitoksen (työeläkeyhtiö, eläkekassa tai eläkesäätiö) lakisääteiseen vakuutustoimintaan liittyville kassavirroille ja vastuille. Malli on rakennettu siten, että se mahdollistaa kassavirtojen ja vastuiden stokastisen kuvaamisen yksinkertaisten stokastisten prosessien avulla. Näin saadaan kuvattua työeläkelaitosten vakuutustoimintaan liittyvää epävarmuutta, mikä on olennainen tekijä laitosten strategisessa riskinhallinnassa.

Suurin osa TyEL-järjestelmän vakuutustoiminnan kassavirroista kulkee (melko) suoraan palkansaaajilta ja työnantajilta eläkeläisille niin sanotun ja-kojjärjestelmän kautta, kun taas työeläkelaitosten riskinhallinnassa olennaisia ovat vain laitosten sijoitusomaisuuteen ja vastuuvelkaan¹ vaikuttavat niin sanotut *rahastoitavat* kassavirrat. Tässä raportissa on esitetty numeeriset mallit rahastoitaville vanhuus- ja työkyvyttömyyseläkkeille, jotka kattavat valtaosan rahastoitavasta vakuutusliikkeestä. Nämä riippuvat TyEL-säännösten määräämällä tavalla väestöstä, työllisyydestä, palkkatasosta ja sijoitustuotoista. Jos väestö, palkat, inflaatio ja/tai sijoitustuotot kuvataan stokastisesti, saadaan stokastinen malli vakuutusliikkeen kassavirroille ja vastuille.

TyEL-lakiin on esitetty muutoksia 8.6.2006 [5], joista tässä raportissa huomioidaan vain suoraan rahastoituihin kassavirtojen ja vastuuvelan laskentaan vaikuttavat muutosehdotukset.

Kassavirta-vastuumalli on esitetty Luvussa 3.2. Luvussa 3.3 mallin tuloksia on verrattu Eläketurvakeskuksen (ETK) laskelmiin, joita on esitetty viitteessä Biström et al. [1]. Luvussa 3.4 on esitetty stokastisia simulaatioita, jotka on laskettu käyttämällä ETK:n pitkän aikavälin determinististä laskentamallia väestölle ja raportin [6] stokastista mallia ansiotaso- ja elinkustannusindekseille.

¹Tässä raportissa sana “vastuuvelka” viittaa sekä työeläkeyhtiöiden ja eläkekassojen vastuuvelkaan että eläkesäätiöiden eläkevastuuseen.

3.2 Kassavirrat ja vastuovelka

TyEL-laitoksen vuotuinen vakuutusliikkeestä sijoitusomaisuuteen tuleva nettokassavirta F_t noudattaa likimain yhtälöä

$$F_t = F_t^+ - F_t^-,$$

missä F_t^+ on TyEL-laitoksen vuonna t keräämien rahastoitavien eläkemaksuosien kokonaissumma ja F_t^- TyEL-laitoksen rahastoista maksettavien eläkkeiden kokonaissumma vuonna t . Sijoitusomaisuuteen vaikuttavat jossain määrin myös TyEL-maksun tasausosaan liittyvät kassavirrat, mutta vuositasolla niiden vaikutukset sijoitusomaisuuteen häviävät.

TyEL-laitosten on noudatettava vakavaraisuussäännöksiä, joissa niin sanottu *vakuutustekninen vastuovelka* on keskeisessä asemassa. Vastuovelka on laskennallinen suure, joka on kehitetty kuvaamaan rahastoista maksettavien eläkkeiden nykyarvoa.

Sekä kassavirrat että vastuovelka riippuvat olennaisesti väestöstä. Koko Suomen väestö jakautuu kunakin vuonna ikä- ja sukupuoliluokkiin, joiden joukkoa merkitään \mathcal{I} :llä. Kunkin luokan $i \in \mathcal{I}$ väestö jakautuu lisäksi tiloihin $\mathcal{J} = \{a, tk, v, m\}$, aktiivit, tk-eläkeläiset, vanhuuseläkeläiset ja muut. Tässä aktiivit koostuvat mallinnettavan laitoksen vakuutetuista palkansaajista, tk-eläkeläiset koostuvat täysitehoisista TyEL-lain perusteella myönnettyistä tk-eläkkeistä, vanhuuseläkeläisten määrä muodostuu kaikista suomalaisista vanhuuseläkeläisistä ja muut käsittää loput Suomen väestöstä. Alla käytetään merkintöjä

$p_t^{i,j,j'}$ = siirtymätodennäköisyys tilasta j tilaan j' luokassa i vuonna t ,

$K_t^{i,j}$ = luokan i tilan j koko vuonna t ,

P_t^i = luokan i aktiivien TyEL-palkkasumma vuonna t .

3.2.1 Rahastoitavat eläkemaksut

TyEL-laitos perii TyEL-lain 152 §:n mukaan eläkevakuutetuilta rahastoitavat eläkemaksut sosiaali- ja terveysministeriön vahvistamien laskuperusteiden mukaisesti. TyEL-laitoksen vuosittain rahastoitava kassavirta voidaan lausua

$$F_t^+ = \hat{F}_t^+ + \tilde{F}_t^+ + \varepsilon_t^+,$$

missä \hat{F}_t^+ on rahastoitavat vanhuuseläkemaksut, \tilde{F}_t^+ rahastoitavat tk-maksut ja ε_t^+ muut rahastoitavat maksut, kuten esimerkiksi lakkautettavan työttömyyseläkkeen maksut.

TyEL-laitoksen yhteenlaskettu rahastoitu vanhuuseläkemaksu vuonna t on

$$\hat{F}_t^+ = \sum_{i \in \mathcal{I}} (\kappa_t^i + \gamma_t) P_t^i.$$

missä κ_t^i on luokan i vuoden t eläkemaksun vanhuuseläkeosa, joka määräytyy raportin [8] kaavan (11) mukaan sosiaali- ja terveysministeriön vahvistamien kuolevuuslukujen perusteella. Parametri γ_t määrää vuoden t lisärahastoinnin. Parametrin κ_t^i ja muiden myöhemmin esitettävien vakuutusteknisten parametrien laskentatekniikkaa on esitetty Tuomikosken ja Kilposen raportissa [9]. Lisärahastointi muodostuu yli 53-vuotiailta korotetun TyEL-maksun kautta kerättävästä maksusta ja vuosille 2003-2013 sovitusta lisärahastoinnista. Yli 53-vuotiailta kerättävä korotettu maksu on ETK:n mukaan noin 0,2% kokonaispalkkasummasta. Lassilan [7, s. 33] mukaan vuosille 2003-2013 sovitun lisärahastoinnin tavoitteena on lisätä eläkerahastojen määrää yhteensä 7,5% TyEL-palkkasummasta vuoteen 2013 mennessä. ETK:n mukaan lisärahastoinnista oli vuonna 2005 tekemättä 4,2%. Tässä puuttuva osa lisärahastoinnista oletetaan suoritettavan tasaisesti yhtäsuurin prosenttiosuuksin vuoteen 2013 mennessä vanhuuseläkerahastoihin.

Biström et al. [3, s. 30] mukaan täysitehoiset tk-eläkkeet rahastoidaan kokonaisuudessaan työkyvyttömyyden alkamishetkellä 1.1.2006 alkaen. Jos oletetaan, että vuonna t alkavien täysitehoisten tk-eläkeläisten määrä luokassa $i \in \mathcal{I}$ on $p_t^{i,a,tk}$ aktiivien määrästä, voidaan vuonna t rahastoitavien tk-eläkemaksujen kokonaismäärää approksimoida Tuomikosken ja Kilposen [9, s. 48] perusteella kaavalla

$$\tilde{F}_t^+ = \sum_{i \in \mathcal{I}} p_t^{i,a,tk} a^i G_t^i,$$

missä G_t^i on tk-eläkkeen määrä ja a^i tk-eläkkeen pääoma-arvokerroin luokassa i . Biström et al. [1, s. 20] mukaan tk-eläkkeen määrä luokassa i vuonna t voidaan lausua

$$G_t^i = \tilde{G}_t^i + \hat{G}_t^i,$$

missä \tilde{G}_t^i on tk-eläketapahtumaan mennessä kertynyt eläke ja \hat{G}_t^i on tulevan ajan eläke. Tässä työssä käytetään approksimaatiota

$$\tilde{G}_t^i = \delta_t p_t^{i-1,a,a} \tilde{G}_{t-1}^{i-1} + (1 - \tau_t^i) \rho P_t^i g^i,$$

missä g^i on luokan i vuotuinen karttumaprosentti eläkepalkasta TyEL 64 §:n mukaisesti, τ_t^i on työntekijän osuus TyEL-maksusta TyEL 73 §:n mukaisesti, ρ ottaa huomioon tk-eläkkeelle jäävien keskimääräisestä poikkeavan tulotason ja

$$\delta_t^a = 0,2 \frac{I_{t-1}}{I_{t-2}} + 0,8 \frac{W_{t-1}(1 - \hat{\tau}_{t-1}^i)}{W_{t-2}(1 - \hat{\tau}_{t-2}^i)},$$

on TyEL 97 §:n ja ETK:n ohjeen [4] mukainen palkkakerroin. Tässä W_t on ansiotasoindeksi ja I_t kuluttajahintaindeksi vuonna t . Tulevan ajan eläke lasjetaan viimeisten viiden vuoden palkkasummasta korotettuna palkkakertomella,

$$\hat{G}_t^i = \left(\sum_{i'=i+1}^{63} \tilde{g}^{i'} \right) \frac{1}{5} \sum_{t'=1}^5 (1 - \tau_{t-t'}^{i-t'}) \rho P_{t-t'}^{i-t'} \delta_{t-t',t},$$

missä \tilde{g}^i on luokan i vuotuinen tulevan ajan eläkekattumaprosentti eläkepalkasta TyEL 66 §:n mukaisesti.

3.2.2 Rahastoista maksettavat eläkkeet

TyEL-lain 12. luvun mukaan TyEL-laitoksen rahastoista maksettavat eläkkeet määräytyvät sosiaali- ja terveysministeriön vahvistamien laskuperusteiden mukaan. Vuonna t rahastoista maksettavien eläkkeiden määrä voidaan lausua

$$F_t^- = \hat{F}_t^- + \tilde{F}_t^- + \varepsilon_t^-,$$

missä \hat{F}_t^- on rahastoista maksettavat vanhuuseläkkeet, \tilde{F}_t^- rahastoista maksettavat tk-eläkkeet ja ε_t^- muut rahastoista maksettavat eläkkeet.

TyEL 174 §:n perusteella vuonna t rahastoista maksettavien vanhuuseläkkeiden kokonaismäärä voidaan lausua

$$\hat{F}_t^- = \sum_{i \in \mathcal{I}} K_t^{i,v} \hat{e}_t^i,$$

missä \hat{e}_t^i on luokan i keskimääräinen rahastoitu vanhuuseläke vuonna t . Kokooman [8] kaavan (4) perusteella tätä voidaan approksimoida kaavalla

$$\begin{aligned} \tilde{e}_t^i &= \begin{cases} \hat{e}_{t-1}^{i-1} + 0,005 \frac{P_t^i}{\sum_{j \in \mathcal{J}} K_t^{i,j}} & \text{jos } i \text{ n ikä on alle 55,} \\ \hat{e}_{t-1}^{i-1} & \text{muuten,} \end{cases} \\ \hat{e}_t^i &= (1 + r_t) \tilde{e}_t^i \end{aligned} \quad (3.1)$$

missä r_t on Sosiaali- ja terveysministeriön vuosittain vahvistama TyEL 171 §:n mukainen täydennyskerroin. Kokooman [8, s. 5] mukaan

$$r_t = r_t^1 + r_t^2, \quad (3.2)$$

missä r_t^1 on laskuperustekorona mukaan määräytyvä täydennys ja r_t^2 määrää yli 53-vuotiailta korotetun TyEL-maksun kautta kerättävän lisärahastoinnin sekä vuosina 2003-2013 kerättävän lisärahastoinnin yhteismäärän vuonna t .

Lakiehdotuksen [5, s. 5] mukaan nykyisessä järjestelmässä vastuuvelkaa kattavien varojen kolmen prosentin tason ylittävät tuotot käytetään vanhuuseläkkeiden rahastoitujen osien korotuksiin, joten laskuperustekorona mukainen rahastojen täydennys lasketaan kaavalla

$$r_t^1 = \frac{(\hat{r}_t - 0,03)V_{t-1}}{\check{V}_t}, \quad (3.3)$$

missä \hat{r}_t on laskuperustekorko, V_{t-1} rahastoitujen eläkkeiden vastuu vuonna $t - 1$ ja \check{V}_t on rahastoitujen vanhuuseläkkeiden vastuu ennen täydennyksiä. Rahastoitujen eläkkeiden vastuun laskenta on kuvattu luvussa 3.2.3. Kokooman [8] kaavojen (34) ja (50) perusteella

$$\check{V}_t = \sum_{i \in \mathcal{I}} \sum_{j \in \mathcal{J}} \theta_t^{i,j} K_t^{i,j} \check{c}_t^i,$$

missä $\theta_t^{i,j}$ on laskettu sosiaali- ja terveysministeriön vahvistamien kuolevuuslukujen perusteella.

Jos lisärahastoinnin aiheuttama vastuuvelan nousu $r_t^2 \check{V}_t$ ja sitä varten kerättävä osuus palkkasummasta $\gamma_t \sum_{i \in \mathcal{I}} P_t^i$ oletetaan yhtäsuuriksi, niin saadaan

$$r_t^2 = \frac{\gamma_t \sum_{i \in \mathcal{I}} P_t^i}{\check{V}_t}. \quad (3.4)$$

TyEL 175 §:n perusteella vuonna t rahastoista maksettavien tk-eläkkeiden kokonaismäärä on

$$\tilde{F}_t^- = \sum_{i \in \mathcal{I}} \tilde{E}_t^i,$$

missä on \tilde{E}_t^i luokan i rahastoitu tk-eläkemeno vuonna t . Biström et al. [2, s. 1] perusteella tk-eläkerahastoa voidaan approksimoida kaavalla

$$\tilde{E}_t^i = p_t^{i-1,tk,tk} \tilde{E}_{t-1}^{i-1} + p_t^{i-1,a,tk} G_t^i.$$

3.2.3 Vastuut

TyEL-lain 11. luvun mukaan TyEL-laitoksen vastuuvelka määräytyy sosiaali- ja terveysministeriön vahvistamien laskuperusteiden mukaan. TyEL-laitoksen rahastoitujen eläkkeiden vastuuvelka voidaan lausua

$$V_t = \hat{V}_t + \tilde{V}_t + \eta_t, \quad (3.5)$$

missä \hat{V}_t on vanhuuseläkevastuut, \tilde{V}_t täysitehoiset tk-eläkevastuut ja η_t muut eläkevastuut.

Kokooman [8] kaavojen (34) ja (50) mukaan TyEL-laitoksen vuoden t vanhuuseläkevastuu on

$$\hat{V}_t = \sum_{i \in \mathcal{I}} \sum_{j \in \mathcal{J}} \theta_t^{i,j} K_t^{i,j} \hat{e}_t^i. \quad (3.6)$$

Kokooman [8] kaavan (51) perusteella TyEL-laitoksen vuoden t tk-eläkevastuuta voidaan approksimoida kaavalla

$$\tilde{V}_t = \sum_{i \in \mathcal{I}} a^i \tilde{E}_t^i,$$

missä a^i tk-eläkkeen ikä- ja sukupuolikohtainen pääoma-arvokerroin luokassa i . Tk-eläkkeen kesto approksimoidaan luokasta $i \in \mathcal{I}$ riippuvaksi vakioksi.

3.2.4 Lakiehdotus

Hallitus antoi 8.6.2006 lakiehdotuksen Eduskunnalle eläkelaitosten toimintapääomaa ja vastuuvelkaa koskevien säännösten muuttamiseksi [5]. Lakiehdotuksen hyväksyminen vaikuttaisi vanhuuseläkkeiden täydennyksiin ja vastuuvelan määräytymiseen lisäämällä vastuuvelkaan uuden osaketuottosidonnan osan.

Lakiehdotuksen 171 § mahdollistaisi vanhuuseläkkeiden täydennysten kohdistamisen eri suuruksena eri ikäluokille. Lakiehdotuksen perusteluissa on esitetty täydennyksien kohdistamista kokonaisuudessaan yli 55 vuotiaiden alkaneeisiin ja vastaisiin eläkkeisiin [5, s. 17], jolloin kaava (3.1) korvattaisiin kaavalla

$$\hat{e}_t^i = \begin{cases} \tilde{e}_t^i & \text{jos } i\text{n ikä on alle 55,} \\ \tilde{e}_t^i(1 + r_t) & \text{muuten,} \end{cases} \quad (3.7)$$

missä r_t laskettaisiin kaavan (3.2) sijaan kaavalla

$$r_t = r_t^1 + r_t^2 + r_t^3,$$

missä r_t^3 on osaketuottosidonnan vastuuvelan mukaan määräytyvä vanhuuseläkevastuiden täydennys. Lakiehdotus sisältää muutoksen laskuperustekorona mukaiseen vanhuuseläkkeiden täydennykseen. Ehdotuksen mukaan 90% vanhuuseläkkeiden täydennyksistä määräytyisi laskuperustekorona perusteella [5, s. 10]. Tällöin kaava (3.3) korvataan kaavalla

$$r_t^1 = \frac{\max((0, 9\hat{r}_t - 0,03), 0)(\hat{V}_{t-1} + \tilde{V}_{t-1} + \eta_{t-1})}{\tilde{V}_t^{55}},$$

missä

$$\check{V}_t^{55} = \sum_{i \in \mathcal{I}^{55}} \sum_{j \in \mathcal{J}} \theta_t^{i,j} K_t^{i,j} \check{e}_t^i,$$

on vanhuuseläkkeiden rahastoitujen osien vastuuvelka 55 vuotta täyttäneille ennen täydennyksiä ja \mathcal{I}^{55} 55 vuotta täyttäneiden ikä- ja sukupuoliluokien joukko. Myös lisärahastointi kohdistettaisiin 55 vuotta täyttäneiden vanhuuseläkkeiden rahastoituihin osiin, joten kaava (3.4) korvattaisiin kaavalla

$$r_t^2 = \frac{\gamma_t \sum_{i \in \mathcal{I}} P_t^i}{\check{V}_t^{55}}.$$

Ehdotuksen 171 §:n mukaan osaketuottosidonnaisen vastuuvelan V_t^o ollessa järjestelmätasolla yli 5%:a vastuuvelasta, ylitykset siirretään rahastoitujen vanhuuseläkkeiden täydennyksiin. Osaketuottosidonnaisen vastuuvelan mukainen täydennyskerroin voidaan siten lausua

$$r_t^3 = \frac{l_{t-1}^o}{\hat{V}_t^{55}},$$

missä l_t^o on ylityksen mukainen siirto osaketuottosidonnaisesta vastuuvelasta vanhuuseläkevastuuihin.

Osaketuottosidonnainen vastuuvelka V_t^o on osa eläkelaitoksen vastuuvelkaa, joten kaava (3.5) korvattaisiin kaavalla

$$V_t = \hat{V}_t + \tilde{V}_t + V_t^o + \eta_t.$$

Osaketuottosidonnaisen vastuuvelan V_t^o ja sen mukaisen siirron l_t^o laskuperusteet ovat tätä kirjoitettaessa laatimatta.

3.3 Vertailu Eläketurvakeskuksen tuloksiin

Biström et al. [1] ovat esittäneet laskelmia koko TyEL-järjestelmän palkkasummasta ja vanhuuseläkevastuusta vuosille 2005-2030 olettaen, että ansiotason reaalin muutos on 1,75% ja reaalin laskuperustekorko 3,33% vuodessa. Yllä esitettyä mallia testattiin vertaamalla sen antamia tuloksia ETK:n laskelmiin käyttäen samoja oletuksia. Lisäksi oletetaan, että kunkin luokan $i \in \mathcal{I}$ palkkasumma noudattaa yhtälöä

$$P_t^i = K_t^{i,a} \bar{P}_t^i, \quad (3.8)$$

missä keskipalkan \bar{P}_t^i reaalin vuosimuutos on 1,75%. Keskipalkkojen \bar{P}_{2005}^i lähtöarvoina on käytetty ETK:lta saatuja keskipalkkoja koskien koko TyEL-järjestelmää. Lisäksi laskennassa on käytetty ETK:n antamia deterministisiä

Taulukko 3.1: TyEL-järjestelmän palkkasumma vuoden 2004 hintatasossa (M€).

Vuosi	Kaava (3.8)	ETK
2005	39987	39242
2010	45001	44879
2020	51309	51697
2030	59114	59777

Taulukko 3.2: TyEL-järjestelmän vanhuuseläkevastuut suhteessa palkkasummaan.

Vuosi	Vastuumalli	ETK
2005	0,98	1,0
2010	1,17	1,2
2015	1,37	1,3
2025	1,56	1,5

ennusteita luvuille $K_t^{i,j}$ sekä alkuarvoja rahastojen \tilde{e}_{2005}^i ja \tilde{E}_{2005}^i koolle sekä kertoimille a^i ja ρ .

Taulukossa 3.1 on esitetty kaavan (3.8) perusteella laskettu palkkasumma vuosille 2005-2030 sekä Biström et al. [1, s. 47] esittämä vastaava ETK:n laskelma. Palkkasumma poikkeaa tarkasteluperiodilla enimmillään 2%. Läh-töhetken palkkasummat poikkeavat toisistaan, koska tässä on käytetty uu-dempaa palkkadataa kuin Biström et al. laskelmissa.

Taulukossa 3.2 on esitetty yllä annettujen oletusten ja Luvun 3.2 kaavo-jen perusteella lasketut vanhuuseläkevastuut suhteessa palkkasummaan sekä Biström et al. [1, s. 74] esittämä vastaava ETK:n laskelma. Eroavuudet tulosten välillä voivat johtua edellä mainitusta eroista palkkoissa ja vuosien 2003-2013 lisärahoitustoiminnan kohdistamisesta sekä ajallisesti että eri eläkelai-jeille.

3.4 Stokastisia simulaatioita

Seuraavassa oletetaan, että ansiotaso- ja elinkustannusindeksi sekä palkat ovat stokastisia. Laskuperustekorko on vakio 5.2%. Luokan i palkkasumma voidaan lausua

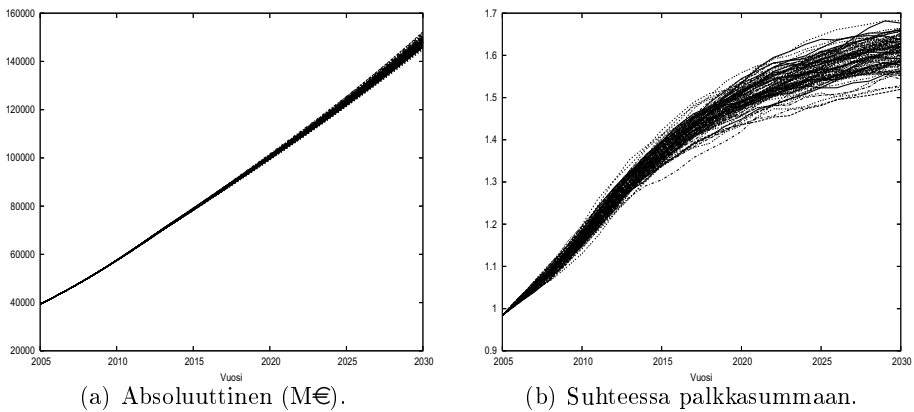
$$P_t^i = K_t^{i,a} \bar{P}_t^i,$$

missä \bar{P}_t^i on luokan i keskipalkka. Keskipalkkoja voidaan approksimoida kaavalla

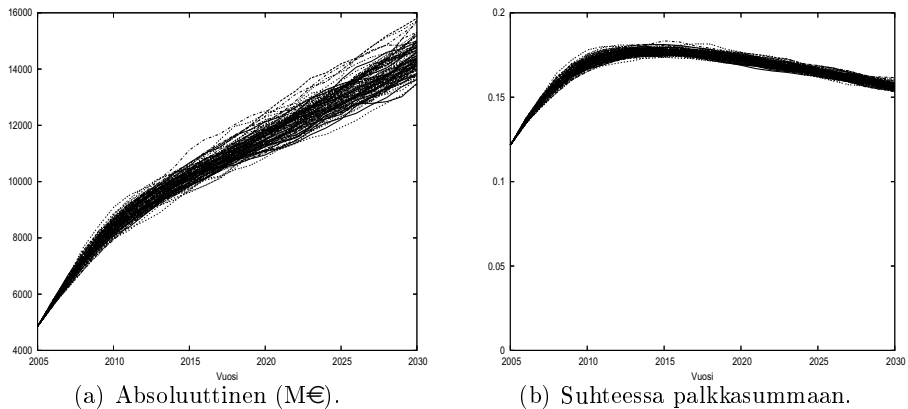
$$\bar{P}_t^i = \bar{P}_{2005}^i \frac{W_t}{W_{2005}}.$$

Seuraavassa käytetään Hilli et al. [6] esittämää aikasarjamallia kuvaamaan ansiotaso- ja elinkustannusindeksien kehitystä.

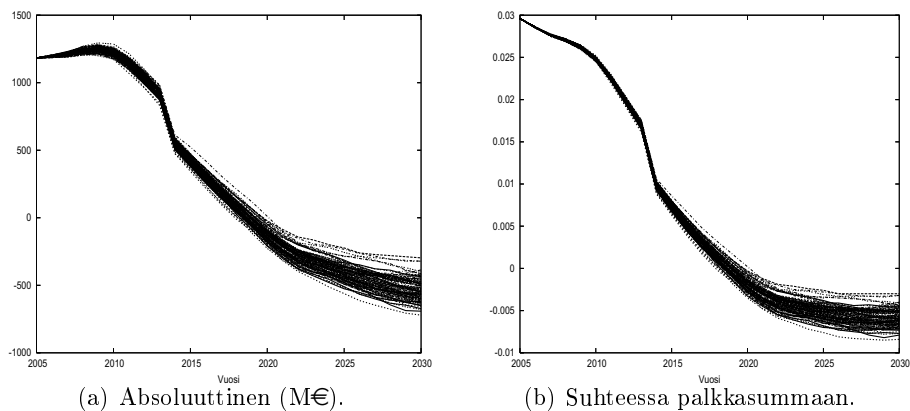
Kuvissa 3.1 - 3.4 on esitetty 100 simulaation perusteella lasketut vanhuus- ja tk-eläkevastuut sekä vastaavat nettokassavirrat vuosille 2005-2030.



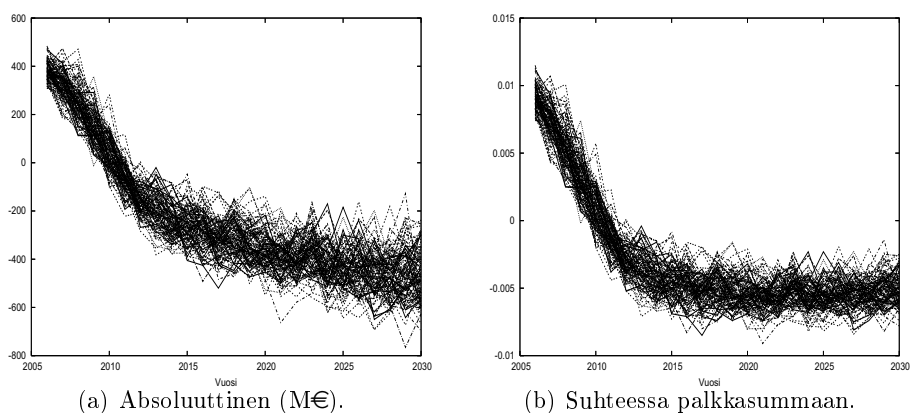
Kuva 3.1: TyEL-järjestelmän vanhuuseläkevastuut \hat{V} .



Kuva 3.2: TyEL-järjestelmän tk-eläkevastuut \tilde{V} .



Kuva 3.3: TyEL-järjestelmän vanhuuseläkeliikeen nettokassavirta, \hat{F}_t .



Kuva 3.4: TyEL-järjestelmän tk-eläkeliikeen nettokassavirta, \tilde{F}_t .

Kiitokset Kiitämme Peter Biströmiä, Heikki Palmia, Ismo Riskua ja Antti Tanskasta hyödyllisistä kommenteista ja ehdotuksista, joista on ollut suuri apu tämän raportin kirjoittamisessa.

Kirjallisuutta

- [1] P. Biström, T. Klaavo, I. Risku ja H. Sihvonen. Eläkemenot, maksut ja rahastot vuoteen 2075. Eläketurvakeskuksen raportteja, Eläketurvakeskus, 2004.
- [2] Eläketurvakeskus. Yleiskirje B 7/2003, 2003.
- [3] Eläketurvakeskus. Yleiskirje A 20/2004, 2004.
- [4] Eläketurvakeskus. Työeläkkeiden indeksiturva 1.1.2005. 2005.
- [5] HE77/2006. Hallituksen esitys Eduskunnalle eläkelaitosten toimintapääomaa ja vastuuvelkaa koskevien säännösten muuttamiseksi. 2006.
- [6] P. Hilli, M. Koivu ja T. Pennanen. Sijoitustuottomalli työeläkelaitoksille. Vakuutusvalvontaviraston julkaisusarja: 3/2006, Vakuutusvalvontavirasto, 2006.
- [7] J. Lassila ja T. Valkonen. Yksityisalojen eläkeuudistuksen taloudelliset vaikutukset. Sarja b, Elinkeinoelämän tutkimuslaitos, 2005.
- [8] TEL-P 2005. TEL:n mukaisen perusvakuutuksen erityisperusteet. Kokooma, 2005.
- [9] J. Tuomikoski ja S. Kilponen. Lakisääteisen työeläkevakuutuksen vakuutustekniikkaa. Eläketurvakeskuksen raportteja 2003:31, Eläketurvakeskus, 2003.

Luku 4

Sijoitusuudistuksen vaikutus yksityisen sektorin työeläkevakuutusmaksuun

Petri Hilli

Tiivistelmä

Tässä raportissa esitetään laskelmia työeläkevakuutusmaksun kehityksestä vuoteen 2034 saakka nykyisessä työeläkejärjestelmässä sekä Hallituksen 8.6.2006 antaman lakiesityksen mukaisessa järjestelmässä. Laskelmissa on huomioitu sijoitustuottoihin, vakuutusliikkeen kassavirtoihin, palkkasummaan ja vanhuuseläkemenoon liittyvä epävarmuus. Lakiesityksen mukaisessa järjestelmässä maksun mediaani alenisi noin 29%:sta noin 27%:in vuoteen 2034 mennessä verrattuna nykyiseen järjestelmään kun osakesijoitusten osuutta sijoitusportfoliossa lisätään. Maksun kehitykseen liittyy kuitenkin huomattavaa epävarmuutta. Maksun kehitykseen vaikuttavat sijoitusstrategia ja lopulliset säännökset. Esimerkiksi osakkeiden osuutta lisäämällä saatetaan päästä keskimäärin vieläkin alempaan TyEL-maksuun, mutta samalla eläkelaitosten konkurssitodennäköisyydet kasvavat. Säännöksistä laskuperustekorona noston rajoittaminen vaikuttaa asiakaspalautusten määrään ja kasvattaa huomattavan suurten asiakaspalautusten todennäköisyyttä. Asiakaspalautusten maksaminen vakavaraisuusrajalle asti ei ole täysin työeläkejärjestelmän tavoitteiden mukaista, sillä se nostaa pitkällä aikavälillä sekä TyEL-maksua että konkurssitodennäköisyyttä suhteessa esitettyyn vaihtoehtoon. Eläkerahastojen täydennysten kohdentamisella ikäluokittain voidaan vaikuttaa TyEL-maksun kehitykseen, mutta kohdentamisen tarkkojen säännösten puuttuminen vaikeuttaa eläkelaitosten sijoitussuunnittelua merkittävästi.

4.1 Johdanto

Suomen yksityisten sektorin lakisääteisen työeläkejärjestelmän ensisijaisena tavoitteena on turvata työuran aikana ansaittujen työeläkkeiden maksaminen eläkkeelle jäämisestä eläkkeen päättymiseen asti. Yksityisen alan työeläkejärjestelmä on osittain rahastoiva, jossa osa etuusperusteisesti ansaitusta eläkemenosta rahoitetaan sitä varten säästetyistä varoista ja loput suoraan yksityisen sektorin työntekijöiltä ja -antajilta kerättävistä työeläkevakuutusmaksuista (TyEL-maksu). Odotettavissa oleva suurten ikäluokkien eläköityminen seuraavien parin vuosikymmenen aikana yhdessä pienenevien työkäisten sukupolvien kanssa on tuonut paineita TyEL-maksujen nostamiseen ja johtanut pohdintaan siitä, pitäisikö työeläkesäännöksiä muuttaa nousupaineen pienentämiseksi. Hallitus esittikin 8.6.2006 muutoksia 1.1.2007 voimaan tulevaan Työntekijän eläkelakiin (TyEL), joiden tavoitteena on alentaa tulevia työeläkevakuutusmaksuja [9]. Lakiesitys perustuu pitkälti eläkeneuvotteluryhmän ehdotuksiin [4].

Tässä raportissa tutkitaan eläkkeiden rahastointiperiaatteisiin vaikuttavien Hallituksen esitysten vaikutusta TyEL-maksuun ja järjestelmän vakavaraisuuteen. Sijoitustuotot, ansiotaso ja inflaatio mallinnetaan stokastisina prosesseina. Tutkimuksessa käytetty laskentamalli on rakennettu siten, että sekä eläkemeno että eläkemenon rahoitus lasketaan samassa mallissa. Eläkemeno maksetaan vuosittain kerättävällä tasausosalla ja rahastoista maksettavilla osilla, jolloin rahaa sitovia tasaus- ja tasoitusvastuita ei tarvita tai ne voidaan olettaa vakioiksi. Tilanne vastaa yleisperiaatteeltaan esimerkiksi Valtion Eläkerahaston toimintaa, jossa valtio maksaa eläkemenon ja periosan eläkemenosta Valtion Eläkerahastolta etukäteen määrätyin säännösin. Lähestymistavalla saaduista TyEL-maksuista poikkeavia TyEL-maksuja ja tarvittavia pääomia voidaan pitää nykyisen kaltaisen hajautetun järjestelmän ylläpidon kustannuksina tai hyötyinä.

Eläkeneuvotteluryhmän ja Biström et al. [2] raporteissa esitetään Eläketurvakeskuksen (ETK) deterministisiä pitkän aikavälin laskelmia TyEL-maksun kehityksestä sekä herkkyyssanalyysiä sijoitustuottojen suhteen, mutta varsinaista sijoitustoimintaan, ansiotasoon tai inflaatioon liittyvää stokastiikkaa laskelmissa ei ole. Heikkilä [11] ja eläkeneuvotteluryhmä ovat tutkineet osakesijoitusten lisäämisen vaikutusta työeläkeyhtiön ja -järjestelmän vakavaraisuuteen, mutta vaikutusta TyEL-maksuun ei suoraan tutkittu. Eläkeneuvotteluryhmän päätelmät perustuvatkin pitkälti kahden erillisen mallin, ETK:n deterministisen mallin ja työeläkeyhtiö Varman stokastisen sijoitusmallin tulosten analyysiin ja epäsuoraan yhdistämiseen. Heikkilän ja eläkeneuvotteluryhmän tutkimuksissa järjestelmä on mallinnettu yhtiökohtaisesti, kun taas tässä raportissa ja ETK:n laskelmissa järjestelmä on mallinnettu

yhtenä kokonaisuutena, toisin sanoen kuin kaikki eläkevarat olisivat yhdessä eläkelaitoksessa.

Tässä tutkimuksessa käytetään Hilli et al. [12] esittämää stokastista sijoitustuottomallia kuvaamaan sijoitustuottoihin, ansiotaso- ja elinkustannusindeksiin liittyvää epävarmuutta. Malli perustuu Englen ja Grangerin [6] esittämään yhteisintegroituvuusmalliin ja poikkeaa huomattavasti eläkeneuvotteluryhmän käyttämästä mallista mahdollistaen stokastisten tekijöiden pitkän aikavälin relaatioiden monipuolisemman huomioimisen. Lisäksi tässä tutkimuksessa tuotot ovat lognormaalisesti jakautuneita kun taas eläkeneuvotteluryhmän laskelmissa tuotot ovat normaalijakautuneita. Normaalijakaumaoleuksesta seuraa esimerkiksi, että ilman lisärajoitteita osakeindeksit tai korot voisivat saada negatiivisia arvoja. Lisärajoitteista seuraa kuitenkin uusia ongelmia, kuten esimerkiksi positiivisen todennäköisyysmassan kerääntyminen poikkeaviin pisteisiin.

Esitettävien laskelmien perusteella TyEL-maksun tulevaan tasoon liittyy huomattavaa epävarmuutta. TyEL-maksun ja eläkejärjestelmän vakavaraisuuden jakaumat ovat varsin epäsymmetrisiä, joten vain muutaman tilastollisten tunnusluvun ja erityisesti odotusarvojen raportointi saattaa johtaa virheellisiin päätelmiin. Hallituksen lakiesityksen mukaisessa järjestelmässä TyEL-maksun mediaani putoaisi n. 29%:sta noin 27%:in verrattuna nykyjärjestelmään. Heikkojen sijoitustuottojen tapauksessa lakiesityksellä ei olisi juurikaan vaikutusta TyEL-maksuun. Osakkeiden osuutta lisäämällä saateen päästä vieläkin alempaan TyEL-maksuun, mutta samalla eläkelaitosten konkurssitodennäköisyys kasvaa. Lisäksi TyEL-maksuun liittyvä epävarmuus kasvaa. Lopulliseen maksuun vaikuttavat monet säännökset, joista ei ollut tarkkaa tietoa laskelmia tehtäessä. Esimerkiksi laskuperustekoron noston rajoittaminen yhteen prosenttiin vuodessa vaikuttaa siihen, mitä kautta TyEL-maksua alennetaan, varsinaisten rahastojen vaiko asiakaspalautusten kautta. Rajoituksen takia hyvien sijoitustuottojen aikaan tuotot eivät välttämättä ohjaudu riittävän nopeasti eläkerahastojen täydennyksiin vaan jaetaan asiakaspalautuksina takaisin. Keskimääräisten ja heikkojen sijoitusten tapauksessa rajoituksella tai sen poistamisella ei olisi juurikaan merkitystä. Laskelmien perusteella asiakaspalautusten jakaminen lakiesityksen sallimalle niin sanotulle vakavaraisuusrajalle asti ei ole paras mahdollinen ratkaisu eläkejärjestelmän pitkän aikavälin tavoitteiden kannalta. On löydettävissä sääntöjä, joilla saavutettaisiin alempi TyEL-maksun mediaani suhteessa konkurssitodennäköisyyteen. Lakiesitys antaa mahdollisuuden vaikuttaa TyEL-maksun kehitykseen sallimalla eläkerahastojen täydentämisen vain joillekin ikäluokille. Eläkerahastojen täydennyksillä voidaan vaikuttaa TyEL-maksun kehitykseen, esimerkiksi aikaistaa TyEL-maksun mediaanin alenemista mahdollisesti pitkän aikavälin tavoitteiden kustannuksella. Kohdentamisen tark-

kojen säännösten puuttuminen kuitenkin vaikeuttaa eläkelaitosten sijoitussuunnittelua merkittävästi

Nykyisessä ja sijoitusuudistuksen mukaisessa eläkejärjestelmässä yksittäisen eläkelaitoksen sijoitussuunnittelu on erittäin vaikea päätösongelma. Eläkelaitoksen olisi sijoitussuunnittelussa otettava huomioon sekä sijoituksensa että vastuunsa. Yksittäisen eläkelaitoksen vastuuvelan kehitys ja rahastoista maksettavat kassavirrat riippuvat kaikkien eläkelaitosten sijoitustoiminnasta. Jokaisen eläkelaitoksen olisi pystyttävä rakentamaan oma mallinsa kuvaamaan koko järjestelmän sijoitustoimintaa ja vastuuvelkaa arvioidakseen omien kassavirtojen ja vastuidensa kehitystä sijoitussuunnittelun pohjaksi. Kyseisen mallin rakentaminen edellyttäisi huomattavan työmäärän lisäksi tietoa kaikkien muiden eläkelaitoksen sijoitusstrategioista ja vakuutuskannan rakenteesta, joista ei kuitenkaan ole saatavilla tietoa. Ongelma olisi korjattavissa esimerkiksi määrittelemällä rahastointisäännökset riippuviksi yleisesti laskettavista tuottoindekseistä laskuperustekorona ja eläkelaitosten keskinäisten osaketuottojen sijaan. Koko TyEL-järjestelmän kannalta edellisen lisäksi olennainen korjaus olisi eläkeoikeuden ja sijoitustuottojen välisen riippuvuuden poistaminen. Työntekijöiden eläkeoikeus ja eläkkeiden indeksikorotukset riippuvat TyEL-maksun kautta sijoitustuotoista, mikä tekee koko TyEL-järjestelmän numeerisen mallintamisen erittäin vaikeaksi. Sen seurauksena järjestelmää koskevien laskelmien tekeminen on aikaa vievää ja mahdolliset parannukset eläkejärjestelmään saattavat jäädä löytämättä. Ongelma olisi korjattavissa määrittelemällä eläkeoikeus riippuvaksi ainoastaan palkasta ja indekseistä.

Tutkimuksessa huomioitavat Hallituksen lakiesityksen muutosehdotukset koskevat pääosin rahastoista maksettavien vanhuuseläkkeiden määräytymistä, joten muiden kuin vanhuuseläkemenon osuus TyEL-maksusta mallinnetaan vakiona. Luvussa 4.2 esitetään yksinkertainen numeerisen laskentaan soveltuva malli vanhuuseläkemenon laskentaan. Luvussa 4.3 esitetään yksinkertainen malli TyEL-maksun laskentaan ja vanhuuseläkemenon rahoitukseen koko TyEL-järjestelmän tasolla. Vanhuuseläkemenon rahoitus perustuu Hillin ja Pennasen [14] esittämään laskentamalliin ja sitä täydennetään puuttuvilta osin. Luvussa 4.4 esitetään malli eläkejärjestelmän vakavaraisuuden laskentaan. Luvussa 4.5 esitetään tutkimuksessa käytetyt sijoitusluokat ja sijoitusstrategiat. Luvussa 4.6 tutkitaan simuloimalla TyEL-maksua sekä nykyjärjestelmässä että Hallituksen lakiesityksen mukaisesta työeläkejärjestelmästä eri sijoitusstrategioilla. Lisäksi tutkitaan asiakaspalautuksia, laskuperustekorkoa sekä eläkerahastojen täydentämistä koskevien säännösten vaikutusta TyEL-maksuun uudessa järjestelmässä.

4.2 Vanhuuseläkemeno

Koko Suomen väestö jakautuu kunakin vuonna ikä- ja sukupuoliluokkiin, joiden joukkoa merkitään \mathcal{I} :llä. Kunkin luokan $i \in \mathcal{I}$ väestö jakautuu lisäksi tiloihin $\mathcal{J} = \{a, v, m\}$, aktiivit, vanhuuseläkeläiset ja muut. Tässä aktiivit koostuvat TyEL-säännösten mukaan vakuutetuista palkansaajista, vanhuuseläkeläisten määrä muodostuu kaikista suomalaisista vanhuuseläkeläisistä ja muut käsittää loput Suomen väestöstä. Väestön tilamallissa käytetään merkinöjä

$$p_t^{i,j,j'} = \text{siirtymätodennäköisyys tilasta } j \text{ tilaan } j' \text{ luokassa } i \text{ vuonna } t,$$

$$K_t^{i,j} = \text{luokan } i \text{ tilan } j \text{ koko vuonna } t.$$

Luokan $i \in \mathcal{I}$ palkkasumma lasketaan Hillin ja Pennasen [14] mukaan kaavalla

$$P_t^i = K_t^{i,a} \bar{P}_t^i,$$

missä keskipalkkaa \bar{P}_t^i approksimoidaan

$$\bar{P}_t^i = \bar{P}_0^i \frac{W_t}{W_0},$$

missä W_t on ansiotasoindeksi. Kokonaispalkkasumma P_t on tällöin

$$P_t = \sum_{i \in \mathcal{I}} P_t^i.$$

TyEL-lain 4. luvun mukaan vuonna t maksettavien TyEL-vanhuuseläkkeiden määrä lasketaan

$$\bar{F}_t^- = \sum_{i \in \mathcal{I}} E_t^i,$$

missä E_t^i on alkaneiden vanhuuseläkkeiden määrä. Alkaneiden vanhuuseläkkeiden määrää approksimoidaan kaavalla

$$E_t^i = p_t^{i,v,v} E_{t-1}^{i-1} \delta_t^v + \sum_{i \in \mathcal{I}} \sum_{j \in \mathcal{J} \setminus \{v\}} p_t^{i,j,v} \eta_t^i e_{t-1}^{i-1} \delta_t^a,$$

missä δ_t^v on TyEL 99 §:n mukainen työeläkeindeksin muutos, η_t^i muuntaa alkavan eläkkeen vastaamaan eläkkeen alkamisikä $i \in \mathcal{I}$ TyEL 12 §:n ja TyEL 82 §:n mukaisesti, e_t^i on luokan i TyEL 64 §:n ja 73 §:n mukaan laskettu vastaisten vanhuuseläkkeiden euromääräinen karttuma ja δ_t^a TyEL 97 §:n

mukainen palkkakerroin. Työeläkeindeksi voidaan ETK:n soveltamisohjeen [5] perusteella laskea

$$\delta_t^v = 0,8 \frac{I_{t-1}}{I_{t-2}} + 0,2 \frac{W_{t-1}(1 - \hat{\tau}_{t-1}^i)}{W_{t-2}(1 - \hat{\tau}_{t-2}^i)},$$

missä I_t on elinkustannusindeksi ja $\hat{\tau}_t^i$ luokan $i \in \mathcal{I}$ työntekijän TyEL-maksu. Palkkakerroin voidaan ETK:n soveltamisohjeen [5] perusteella laskea

$$\delta_t^a = 0,2 \frac{I_{t-1}}{I_{t-2}} + 0,8 \frac{W_{t-1}(1 - \hat{\tau}_{t-1}^i)}{W_{t-2}(1 - \hat{\tau}_{t-2}^i)}.$$

Vastaisten vanhuuseläkkeiden karttumaa approksimoidaan kaavalla

$$e_t^i = \sum_{j,j' \in \mathcal{J} \setminus \{v\}} p_t^{i,j,j'} \delta_t^a e_{t-1}^{i-1} + \phi^i P_t^i (1 - \hat{\tau}_t^i),$$

missä ϕ^i on luokan i TyEL 64 §:n mukainen eläkekarttumaprosentti.

Eläkemenon mallintamisesta on erityisesti huomioitavaa, että toisin kuin lakiesityksessä todetaan [9, s. 4], sijoitustuotot vaikuttavat jossain määrin eläkeoikeuksiin TyEL-maksun kautta pienentämällä eläkkeen perusteena olevaa palkkaa [22, 73 §] ja täydennyskertoimia [22, 97 §, 99 §]. Eläkeoikeuden riippuminen TyEL-maksusta tekee eläkejärjestelmän numeerisesta mallintamisesta erittäin vaikeaa ja esimerkiksi koko järjestelmän eläkkeiden rahoitusongelman matemaattisen optimoinnin käytännössä mahdottomaksi (epäkonveksisuuden vuoksi). Ongelma poistuisi yksinkertaisesti määrittelemällä eläkeoikeus riippuvaksi ainoastaan palkasta ja indekseistä ilman työntekijän TyEL-maksun tasosta riippuvia vähennyksiä, helpottaen olennaisesti eläkemenon numeerista mallintamista ja siten myös eläkejärjestelmän riskinhallintaa.

4.3 Eläkkeiden rahoitus

Tässä luvussa esitetään yksinkertainen malli TyEL-maksun laskentaan. Hallituksen lakiesityksen [9] muutosehdotukset koskevat pääosin rahastoista maksettavien vanhuuseläkkeiden määräytymistä, joten muiden kuin vanhuuseläkemenon rahoitus esitetään yksinkertaisesti vakio-osuutena TyEL-maksusta. Luvuissa 4.3.1 ja 4.3.2 esitetyt kaavat rahastoista maksettavalle vanhuuseläkemenolle perustuvat Hillin ja Pennasen [14] esittämään laskentamalliin ja niitä on täydennetty puuttuvilta osin.

TyEL-järjestelmä on osittain rahastoitava. TyEL-lain 12. luvun mukaan työeläkelaitokset keräävät TyEL-maksun kautta eläkkeiden rahastoitavat osat,

sijoittavat ne markkinoille ja maksavat alkaneiden eläkkeiden rahastoidut osat. Loppuosan eläkemenosta maksavat TyEL-järjestelmän piiriin kuuluvat työntekijät ja työnantajat TyEL-maksun tasausosan kautta. Laskuperusteiden [21, s. 7] mukaan TyEL-maksu jakaantuu seitsemään osaan, jotka jakautuvat lisäksi ikä- ja sukupuoliluokittain. Tässä tutkimuksessa keskimääräinen TyEL-maksu τ_t jakautuu

$$\tau_t = \tau_t^\nu + \tau_t^\rho + \tau_t^\epsilon - \tau_t^h,$$

missä τ_t^ν on keskimääräinen TyEL-maksun tasausosan kautta maksettavien vanhuuseläkkeiden osuus, τ_t^ρ keskimääräinen vanhuuseläkkeiden rahastoitava osuus, τ_t^ϵ sisältää TyEL-maksun muut osat ja τ_t^h asiakaspalautusten osuus.

Vuoden t TyEL-maksun tasausosa pyritään asettamaan vastaamaan vuoden t eläkemenoa vähennettynä rahastoista maksetuilla eläkkeillä [9, s. 6], joten vanhuuseläkkeen osuutta tasausosasta approksimoidaan kaavalla

$$\tau_t^\nu = \frac{\bar{F}_t^- - \hat{F}_t^-}{P_t},$$

missä \hat{F}_t^- on rahastoista maksettavien vanhuuseläkkeiden määrä. Luvussa 4.3.1 on esitetty rahastoista maksettavien vanhuuseläkkeiden laskenta nykyisessä ja luvussa 4.3.2 Hallituksen lakiesityksen mukaisessa työeläkejärjestelmässä.

TyEL-maksun osa τ_t^ρ voidaan laskea Hillin ja Pennasen mukaan

$$\tau_t^\rho = \frac{\sum_{i \in \mathcal{I}} \kappa_t^i P_t^i}{P_t},$$

missä κ_t^i on luokan i vuoden t eläkemaksun vanhuuseläkeosa, joka määräytyy laskuperusteiden [21] kaavan (11) mukaan sosiaali- ja terveysministeriön vahvistamien kuolevuuslukujen perusteella.

TyEL-maksun osaa τ_t^ϵ approksimoidaan vakiolla 0,06, sillä sijoitustuotot vaikuttavat lähinnä vain vanhuuseläkeliikeen kassavirtojen kautta TyEL-maksuun. ETK:n laskelmassa [2, s. 38] muiden kuin vanhuus- ja lakkautettavan työttömyyseläkkeiden osuus työeläkemaksusta on noin kuusi prosenttia palkkasummasta vuoteen 2020 asti ja vähenee siitä tasaisesti vajaan viiteen prosenttiin vuoteen 2075 mennessä.

TyEL-maksun osa τ_t^h lasketaan

$$\tau_t^h = \frac{h_{t-1}}{P_t},$$

missä h_{t-1} on asiakaspalautusten määrä vuonna $t-1$. Hallituksen lakiesityksessä on ehdotettu muutoksia asiakaspalautusten määräytymiseen. Luvussa 4.3.3 on esitetty malli asiakaspalautusten laskentaan nykyisessä ja Hallituksen esityksen mukaisessa työeläkejärjestelmässä.

TyEL-maksun maksavat työntekijät -ja antajat yhdessä. Työntekijän osuus TyEL-maksusta lasketaan TyEL 153 §:n mukaan

$$\hat{\tau}_t^i = \begin{cases} 0,03 + 0,5(\tau_t - 0,182) & \text{jos } in \text{ ikä on alle } 53, \\ \frac{19}{15}\hat{\tau}_t^{52} & \text{muuten.} \end{cases}$$

4.3.1 Rahastoista maksettavat vanhuuseläkkeet nykyjärjestelmässä

Hillin ja Pennasen [14] esittämän laskentamallin mukaan vuonna t rahastoista maksettavien vanhuuseläkkeiden määrä voidaan laskea

$$\hat{F}_t^- = \sum_{i \in \mathcal{I}} K_t^{i,v} \hat{e}_t^i,$$

missä

$$\begin{aligned} \check{e}_t^i &= \begin{cases} \hat{e}_{t-1}^{i-1} + 0,005 \frac{P_t^i}{\sum_{j \in \mathcal{J}} K_t^{i,j}} & \text{jos } in \text{ ikä on alle } 55, \\ \hat{e}_{t-1}^{i-1} & \text{muuten,} \end{cases} \\ \hat{e}_t^i &= (1 + r_t) \check{e}_t^i \end{aligned} \quad (4.1)$$

on luokan $i \in \mathcal{I}$ keskimääräinen rahastoitu vanhuuseläke ja r_t TyEL 171 §:n mukainen eläkevastuiden täydennyskerroin. Kokooman [21, s. 5] mukaan täydennyskerroin voidaan laskea

$$r_t = r_t^1 + r_t^2, \quad (4.2)$$

missä r_t^1 on laskuperustekorona ja r_t^2 vuosille 2003-2013 sovitun lisärahas-
toinnin [23] ja yli 53-vuotialta perittävän korotetun TyEL-maksun mukaan
määräytyvä täydennys vuonna t . Lakiesityksen [9, s. 5] mukaan vastuuv-
elkaa kattaville varoille saatavat sijoitustuotot käytetään kolmen prosent-
in tason ylittävältä osalta laskuperustekorkoon asti vanhuuseläkkeiden rahastoitujen
osien täydennyksiin, joten laskuperustekorona mukaan määräytyvää täyden-
nystä voidaan approksimoida

$$r_t^1 = \frac{(\hat{r}_t - 0,03)V_{t-1}}{\check{V}_t}, \quad (4.3)$$

missä \hat{r}_t on laskuperustekorko, V_{t-1} eläkkeiden rahastoitujen osien vastuuvelka vuonna $t - 1$ ja \tilde{V}_t vanhuuseläkkeiden rahastoitujen osien vastuuvelka ennen täydennyksiä vuonna t . Tällöin vastuuvelan nousu on yhtäsuuri kuin laskuperustekoron mukainen tuottovaatimus. Vastuuvelka ja vanhuuseläkkeiden vastuuvelka ennen täydennyksiä lasketaan Hillin ja Pennasen esittämillä kaavoilla. Laskuperustekorko voidaan lausua niin sanotun Rantalan kaavan [11, s.22] perusteella

$$\hat{r}_t = \max(0, 006 + 0, 2S_{t-1}; 0, 03), \quad (4.4)$$

missä S_{t-1} on eläkejärjestelmän keskimääräinen vakavaraisuusaste vuonna $t - 1$.

Lisärahastoinnin mukainen täydennys r_t^2 voidaan laskea Hillin ja Pennasen mukaan

$$r_t^2 = \frac{\gamma_t P_t}{\tilde{V}_t}, \quad (4.5)$$

missä γ_t määrää vuoden t lisärahastoinnin osuuden palkkasummasta.

4.3.2 Rahastoista maksettavat vanhuuseläkkeet lakiesityksen mukaisessa järjestelmässä

Eläkeneuvotteluryhmän raporttiin [4] pohjautuvassa Hallituksen esityksessä Eduskunnalle [9] esitetään useita muutosehdotuksia työeläkejärjestelmän säännöksiin, joista tässä tarkastellaan vain eläkkeiden rahastoitujen osien laskentaan vaikuttavia ehdotuksia. Tätä kirjoitettaessa virallisia laskuperusteita ei ollut saatavilla.

Lakiesityksen 168 § sisältää uuden osaketuottosidonnainen vastuuvelan osan V_t^o , jolloin eläkelaitosten vastuuvelkaa V_t approksimoidaan Hillin ja Pennasen mukaan

$$V_t = \hat{V}_t + \tilde{V}_t + V_t^o + \eta_t,$$

missä \hat{V}_t on rahastoitujen vanhuuseläkkeiden, \tilde{V}_t rahastoitujen tk-eläkkeiden ja η_t muiden rahastoitujen eläkkeiden vastuuvelka.

Lakiesityksen 171 §:n mukaan vanhuuseläkkeiden täydennykset voidaan kohdistaa eri suuruksina eri ikäluokille. Lakiesityksen perusteluissa on esitetty täydennyksien kohdistamista kokonaisuudessaan yli 55 vuotiaiden alkaneisiin ja vastaisiin eläkkeisiin [9, s. 17]. Lakiesityksen 171 §:n mukaan osaketuottosidonnaisen vastuuvelan ollessa järjestelmätasolla yli 5% vastuuvelasta, ylitykset siirretään rahastoitujen vanhuuseläkkeiden täydennyksiin. Tällöin kaava

(4.1) korvattaisiin kaavalla

$$\begin{aligned}\check{e}_t^i &= \begin{cases} \hat{e}_{t-1}^{i-1} + 0,005 \frac{P_t^i}{\sum_{j \in \mathcal{J}} K_t^{i,j}} & \text{jos } in \text{ ikä on alle } 55, \\ \hat{e}_{t-1}^{i-1} & \text{muuten,} \end{cases} \\ \check{e}_t^i &= \begin{cases} \check{e}_t^i & \text{jos } in \text{ ikä on alle } 55, \\ (1 + r_t) \check{e}_t^i & \text{muuten,} \end{cases} \\ \hat{e}_t^i &= \begin{cases} \check{e}_t^i & \text{jos } in \text{ ikä on alle } 55, \\ \check{e}_t^i (1 + r_t^3) & \text{muuten.} \end{cases}\end{aligned}\quad (4.6)$$

missä r_t^3 on osaketuottosidonnaisen vastuuvelan perusteella määräytyvä täydennys.

Lakiesitys sisältää myös muutoksen laskuperustekorona mukaiseen vanhuuseläkkeiden täydennykseen, jonka mukaan 90% vanhuuseläkkeiden täydennyksistä määräytyisi laskuperustekorona perusteella [9, s. 10]. Tällöin kaava (4.3) korvataan kaavalla

$$r_t^1 = \frac{\max((0, 9\hat{r}_t - 0,03); 0)(V_{t-1} - V_{t-1}^o)}{\check{V}_t^{55}}, \quad (4.7)$$

missä \check{V}_t^{55} vanhuuseläkkeiden rahastoitujen osien vastuuvelka 55 vuotta täyttäneille ennen täydennyksiä, joka voidaan laskea Hillin ja Pennasen esittämällä kaavalla. Lakiesitys sisältää myös muutoksen laskuperustekorona kaavan parametreihin [9, s. 10], jolloin kaava (4.4) korvataan kaavalla

$$\hat{r}_t = \max(0, 2S_{t-1}; 0,03).$$

Tässä myös lisärahastoinnin mukainen täydennys r_t^2 kohdistetaan 55 vuotta täyttäneille ja lasketaan kaavan (4.5) sijaan Hillin ja Pennasen esittämällä kaavalla

$$r_t^2 = \frac{\gamma_t P_t}{\check{V}_t^{55}}.$$

Osaketuottosidonnaisen vastuuvelan mukainen täydennyskerroin voidaan lausua

$$r_t^3 = \frac{\max(-l_t^o; 0)}{\hat{V}_t^{55}}, \quad (4.8)$$

missä l_t^o on siirto osaketuottosidonnaisesta vastuuvelasta ja

$$\hat{V}_t^{55} = \sum_{i \in \mathcal{I}^{55}} \sum_{j \in \mathcal{J}} \theta_t^{i,j} K_t^{i,j} \check{e}_t^i$$

on vanhuuseläkkeiden rahastoitujen osien vastuuvetä 55 vuotta täyttäneille ennen osatuottosidonnaisen vastuuvetän mukaisia täydennyksiä. \mathcal{I}^{55} on 55 vuotta täyttäneiden ikä- ja sukupuoliluokkien joukko ja parametri $\theta^{i,j}$ on laskettu sosiaali- ja terveysministeriön vahvistamien kuolevuuslukujen perusteella. Siirto riippuu osaketuottosidonnainen vastuuvetän ja varsinaisen vastuuvetän suhteesta. Lakiesityksen perusteluiden [9, s. 17] mukaan osaketuottosidonnaisen vastuuvetän muutos lasketaan kertomalla varsinaisen vastuuvetän kymmenesosaa työeläkelaitosten osakesijoitusten painotetulla keskituotto prosentilla vähennettynä yhdellä prosenttiyksiköllä. Osaketuottosidonnaista vastuuvetää approksimoidaan ¹

$$V_t^{o'} = V_{t-1}^o + (0, 9\hat{r}_t + 0, 1(r_t^o - 0, 01))V_{t-1}^o + (0, 9\hat{r}_t + 0, 1(r_t^o - 0, 01) - \max(0, 9\hat{r}_t; 0, 03))(V_{t-1} - V_{t-1}^o),$$

missä $V_t^{o'}$ on osaketuottosidonnainen vastuuvetä ennen siirtoja ja r_t^o on työeläkelaitosten osakesijoitusten painotettu keskituotto. Toisin sanoen, koko vastuuvetän V_t katteena olevalle varallisuudelle lasketaan tuottovaatimus $0, 9\hat{r}_t + 0, 1(r_t^o - 0, 01)$, josta osa menee suoraan kaavan (4.7) mukaisesti vanhuuseläkkeiden täydennyksiin ja loput osaketuottosidonnaiseen vastuuvetäen kuitenkin siten, että vanhuuseläkkeiden täydennys on aina vähintään 3% lakiesityksen [9, s. 10] mukaisesti. Osaketuottosidonnaisen vastuuvetän ja vastuuvetän suhde saa vaihdella -10%:n ja 5%:n välillä [9, 168 §, 171 §], joten osakesidonnainen vastuuvetä ja siirto voidaan lausua

$$V_t^o = V_t^{o'} + l_t^o,$$

missä

$$l_t^o = \begin{cases} -1, 1V_t^{o'} - 0, 1V_t' & \text{jos } V_t^{o'} < -0, 1V_t' \\ -0, 95V_t^{o'} + 0, 05V_t' & \text{jos } V_t^{o'} > 0, 05V_t' \\ 0 & \text{muuten.} \end{cases}$$

Eläkeneuvotteluryhmän [4, s. 94] mukaan tapauksia, joissa osaketuottosidonnainen vastuuvetä olisi -10% koko vastuuvetästä, ei tule jos parametrit valitaan sopivasti. Myöhemmin esitettävissä simuloinneissa ei käynyt kertaakaan niin, osaketuottosidonnaista vastuuvetää olisi jouduttu täydentämään sen mennessä alle -10% koko vastuuvetästä.

Hallituksen lakiesityksen mukainen järjestelmä olisi tarkoitus ottaa käyttöön viiden vuoden siirtymäaikana [9, s. 1], mutta sitä ei huomioida tässä, sillä tarkoitus on vertailla eläkejärjestelmiä.

¹Antero Ranteen ehdotus

4.3.3 Asiakaspalautukset

Työeläkelaitokset voivat jakaa osan varoistaan maksun palautuksina takaisin TyEL-maksun maksajille. Nykyisessä järjestelmässä asiakaspalautusten määrä riippuu yhteisömuodon lisäksi toimintapääoman ja vakavaraisuusrajan suhteesta. Asiakaspalautusten määrään voidaan vaikuttaa vakavaraisuusrajaa alentamalla. Tässä raportissa asiakaspalautusten määrää nykyisessä eläkejärjestelmässä approksimoidaan kuitenkin vain keskimääräisestä vakavaraisuusasteesta riippuvalla kaavalla

$$h_t = \begin{cases} \alpha \max(U_t - 0, 12V_t; 0) & \text{jos } U_t - 4B_tV_t - \alpha(U_t - 0, 12V_t) < 0 \\ U_t - 4B_tV_t & \text{muuten,} \end{cases}$$

missä U_t on eläkelaitoksen toimintapääoma, vakavaraisuusraja B_t lasketaan Sosiaali- ja terveysministeriön asetuksen [17] mukaan ja α määrää maksettavan osuuden. Jatkossa $\alpha = 0,03$ ellei toisin mainita. Asiakaspalautuksina maksetaan siis 3% toimintapääomasta vakavaraisuusasteen 12% ylittävältä osalta. Lisäksi palautuksina maksetaan toimintapääoman neljän kertaa vakavaraisuusrajan ylittävä osa kuten nykysäännökset edellyttävät [4, s. 59].

Eläkeneuvotteluryhmä ehdottaa, että työeläkeyhtiöillä asiakaspalautusten sallittu enimmäismäärä olisi vakavaraisuusrajasta riippumaton [4, s. 56]. Lisäksi eläkeneuvotteluryhmä ehdottaa, että toimintapääoman ja vakavaraisuusrajan suhteen ylityksen mukaiset palautukset tehtäisiin vasta ylityksen jatkuessa pidempään kuin yhden vuoden ja että palautukset jaettaisiin useammalle vuodelle [4, s. 59]. Lakiesityksen 18 §:n mukaista asiakaspalautusten määrää approksimoidaan keskimääräisestä vakavaraisuusasteesta riippuvalla kaavalla

$$h_t = \begin{cases} \alpha \max(U_t - 0, 15V_t; 0) & \text{jos } U_{t-1} - 4B_{t-1}V_{t-1} < 0 \text{ tai} \\ & U_t - 4B_tV_t - \alpha(U_t - 0, 15V_t) < 0 \\ \frac{1}{3}(U_t - 4B_tV_t) & \text{muuten,} \end{cases} \quad (4.9)$$

missä vakavaraisuusraja B_t lasketaan Hallituksen lakiesityksen [10] 10 §:n mukaan. Palautuksina maksetaan siis 3% toimintapääomasta vakavaraisuusasteen 15% ylittävältä osalta. Lisäksi vakavaraisuusrajan mukaisten ylitysten palautuksina maksetaan kolmasosa toimintapääoman neljän kertaa vakavaraisuusrajan ylittävä osa mikäli toimintapääoma on yli neljä kertaa suurempi kuin vakavaraisuusraja vähintään toista vuotta peräkkäin.

Nykyjärjestelmässä maksetaan palautuksia vakavaraisuusasteen 12% ylittävältä osalta ja lakiesityksen mukaisessa järjestelmässä 15% ylittävältä osalta, koska valittujen vakavaraisuusasteiden kohdalla laskuperustekorko alkaa

kasvaa asianomaisissa järjestelmissä. Palautuksia ei siis makseta ellei samalla tehdä vakavaraisuusasteen perusteella täydennyksiä rahastoituihin vanhuuseläkkeisiin. Asiakaspalautusten virallista kaavaa ei ollut määritelty tätä kirjoitettaessa. Hallituksen lakiesityksen [9, 18 §] mukaan työeläkeyhtiöt voisivat maksaa asiakaspalautuksia vakavaraisuusrajalle asti, mutta tätä kirjoitettaessa oli epäselvää, ovatko työeläkeyhtiöiden asiakassiirrot vapaaehtoisia kuten nykyisin vaiko pakollisia.

4.4 Vakavaraisuus

Työeläkelaitosten sijoitustoimintaa koskevat monet säännökset, joiden noudattamista valvoo Vakuutusvalvontavirasto [16, 2 §]. Työeläkelaitoksen on katettava aktuaarisesti määritelty vastuuvélkansa sijoituksillaan. Työeläkelaitosten keskimääräinen vakavaraisuusaste lasketaan kaavalla

$$S_t = \frac{U_t}{V_t},$$

missä

$$U_t = w_t - V_t,$$

on toimintapääoma ja w_t on eläkelaitoksen sijoitusten arvo.

Eläkeneuvotteluryhmä esittää muutoksia työeläkelaitosten konkurssirajaan, joka on nykyisin käytännössä kolmasosa vakavaraisuusrajasta [4, s. 61]. Tässä raportissa käytetään kahta konkurssirajaa. Ensimmäisessä eläkelaitos on konkurssissa mikäli sen toimintapääoma on alle kolmasosan vakavaraisuusrajasta vähintään kerran tarkasteluhorisontin aikana. Vakavaraisuusraja lasketaan nykyisessä järjestelmässä asetuksen [17] ja uudessa järjestelmässä lakiesityksen [10] 10 §:n kaavan ja parametrien mukaan. Vakavaraisuusrajaan perustuva konkurssitodennäköisyys lasketaan kaavalla

$$P(B^{\frac{1}{3}}) = P(U_t < \frac{1}{3}B_tV_t \text{ vähintään kerran laskentahorisontin aikana}).$$

Toisessa konkurssimääritelmässä eläkelaitos on konkurssissa, mikäli sen toimintapääoma on negatiivinen vähintään kerran tarkasteluhorisontin aikana. Konkurssitodennäköisyys lasketaan kaavalla

$$P(B^0) = P(U_t < 0 \text{ vähintään kerran laskentahorisontin aikana}).$$

Laskelmissa eläkelaitos jatkaa toimintaansa konkurssista huolimatta.

4.5 Sijoitusstrategiat

Työeläkelaitosten sijoitusmahdollisuuksia approksimoidaan seitsemällä sijoitusluokalla: lyhyen ja pitkän koron sijoituksilla, suomalaisten, eurooppalaisten, amerikkalaisten ja aasialaisten osakkeiden sekä suomalaisten kiinteistöjen kokonaistuottoindeksillä. Merkitään vastaavaa sijoitusmahdollisuuksien joukkoa $J = \{si, bi, fi, eu, us, as, pi\}$.

Työeläkelaitosten sijoitusstrategiat vaikuttavat huomattavasti niiden saamiin sijoitustuottoihin. Tässä raportissa sijoitustoimintaa approksimoidaan kahdentyyppisillä sijoitusstrategioilla. Pitkän aikavälin sijoitussuunnittelussa ja tutkimuksessa käytetyin sijoitusstrategia on luultavasti kiinteän sijoitusallokaation strategia (Constant Proportion, CP), jossa sijoitusallokaatiot päivitetään määräajoin kiinteisiin sijoitusosuuksiin koko portfolion arvosta. Usein on kuitenkin löydettävissä parempia sijoitusstrategioita kuin staattinen kiinteän sijoitusallokaation strategia; katso esimerkiksi [7, 13]. Toisena sijoitusstrategiana käytetään Blackin ja Jonesin [3] sekä Peroldin ja Sharpen [19] esittämää päätössääntöä, jossa riskillisten sijoitusten suhteellista osuutta koko portfolion arvosta kasvatetaan järjestelmän keskimääräisen vakavaraisuusasteen kasvaessa ja päinvastoin (Portfolio Insurance, PI). Tämän tutkimuksen dynaamisissa sijoitusstrategioissa lyhyen korkoon ja kiinteistöihin sijoitetaan aina kiinteä osuus portfolion arvosta kuten kiinteän sijoitusallokaation strategiassa. Kaikkiin osakkeisiin sijoitetaan suhteessa yhtä paljon, jolloin niiden osuus portfoliosta voidaan lausua

$$w_t^j = \frac{\max(b^l; \min(b^u; \lambda S_t))}{4} \quad \forall j \in \{fi, eu, us, as\},$$

toisin sanoen kaikkiin osakkeisiin sijoitetaan suhteessa yhtä paljon ja osakkeiden yhteenlaskettu paino salkussa vaihtelee alarajan b^l ja ylärajan b^u välillä riippuen järjestelmän keskimääräisestä vakavaraisuusasteesta ja parametrista λ . Pitkän koron sijoitusten osuus voidaan tällöin lausua

$$w_t^{bi} = 1 - \sum_{j \in J \setminus \{bi\}} w_t^j.$$

Tässä tutkimuksessa sijoitusportfolio päivitetään kerran vuodessa kaikissa sijoitusstrategioissa.

Sijoitustuottojen sekä ansiotaso- ja elinkustannusindeksien stokastiikka kuvataan Hilli et al. [12] esittämällä aikasarjamallilla. Se on pääpiirteissään samankaltainen kuin Koivu et al. [15] esittämä stokastinen malli työeläkelaitoksille, mutta Hilli et al. mallissa on useampi osakesijoitusluokka sekä eläkemenojen laskennassa tarvittava elinkustannusindeksi. Stokastiikan malli poikkeaa olennaisesti eläkeneuvotteluryhmän laskelmissa käytetystä, jossa

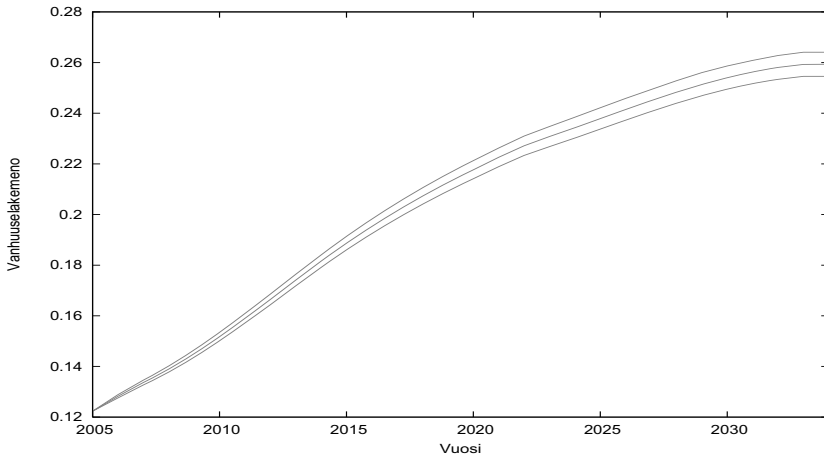
eri sijoitusluokkien stokastiikka on mallinnettu toisistaan lähes riippumattomilla malleilla. Eläkeneuvotteluryhmän laskelmissa käytetty sijoitustuottomalli on kuvattu Heikkilän SHV-työssä [11] [4, s. 82]. Hilli et al. esittämässä aikasarjamallissa stokastiikka kuvataan perustuen Nobel-palkittujen Englen ja Grangerin [6] yhteisintegroituvuusmalliin. Mallilla voidaan kuvata stokastisten tekijöiden pitkän aikavälin relaatioita, kuten esimerkiksi korkojen keskiarvohakuisuutta, osakkeiden pitkän aikavälin odotettuja tuottoja, inflaation pitkän aikavälin odotusarvoa ja niin edelleen. Malliin on myös lisätty asiantuntijainformaatiota Koivu et al. esittämällä tavalla. Mallissa tuotot ovat lognormaalisesti jakautuneita kun taas eläkeneuvotteluryhmän laskelmissa tuotot ovat normaalijakautuneita [4, s. 83]. Normaalijakamaoletuksesta seuraa, että ilman lisärajoitteita osakeindeksit tai korot voisivat saada negatiivisia arvoja. Lisärajoitteista saattaa seurata esimerkiksi positiivisen todennäköisyysmassan kerääntyminen poikkeaviin pisteisiin.

4.6 Tulokset

Edellä kuvatulla mallilla simuloitiin yksityisen sektorin vanhuuseläkemenoa sekä sen rahoitusta vuosille 2005-2034 olettaen, että kaikki varat olisi sijoitettu yhteen työeläkeyhtiöön. Simuloinneissa käytettiin ETK:n [2] determinististä väestömallia sillä erotuksella, että laskennan yksinkertaistamiseksi kaikkien oletetaan jäävän vanhuuseläkkeelle 65 vuotiaina lukuunottamatta työkyvyttömyyseläkeläisiä, jotka jäävät vanhuuseläkkeelle 63 vuotiaina. Väestö- ja tilamallit sekä niihin liittyvä epävarmuus vaikuttavat tuloksiin pitkällä aikavälillä [2, s. 49] [18], mutta tähän tutkimukseen soveltuvaa stokastista väestö- tai tilamallia ei ole saatavilla (katso esim. [1] ja sen viitteet). Vuoden 2005 työeläkeuudistuksen tavoitteena oli pidentää työssäoloaikaa [8]. Työeläkeuudistuksen mahdollista vaikutusta TyEL-maksuun ei ole huomioitu tämän raportin laskelmissa.

Alkaneiden ja vastaisten vanhuuseläkkeiden karttumat E^i ja e^i saatiin ETK:sta. Rahastoista maksettava vanhuuseläkemeno sekä rahastoitujen osien eläkevastuu laskettiin Hillin ja Pennasen [14] esittämällä mallilla ja vastaavilla ETK:n lähtötiedoilla. Kuvassa 4.1 on esitetty 90%-luottamusväli ja mediaani vanhuuseläkemenolle suhteessa palkkasummaan vuosille 2005-2034 kun käytetään myöhemmin määriteltävää sijoitusstrategiaa CP^1 . Sijoitusstrategian vaikutus eläkemenoon tarkastellulla aikavälillä on pieni.

Sijoitusportfolion alkuarvona w_{2005} käytettiin vuoden 2004 lopun yksityisen sektorin työeläkelaitosten sijoitusvarallisuutta, 64,1 miljardia € (<http://www.tela.fi>). Lähtöhetken vakavaraisuusaste on 22,8%, mikä on 1,8% korkeampi kuin eläkeneuvotteluryhmän laskelmissa käyttämä lähtöarvo [4,



Kuva 4.1: Mediaani ja 90%-luottamusväli TyEL-vanhuuseläkemenolle suhteessa palkkasummaan.

s. 83]. Sijoitusstrategiana CP^1 käytetään kiinteän sijoitusallokaation strategiaa, jossa on käytetty taulukon 4.1 mukaisia sijoitusosuuksia. Lyhyen koron ja kiinteistöjen sijoitusosuudet vastaavat eläkeneuvotteluryhmän [4, s. 82] laskelmissa käyttämiä osuuksia. Myös osakkeiden yhteenlaskettu osuus vastaa eläkeneuvotteluryhmän [4, s. 84] peruslaskelmassa käyttämiä osuuksia, olettaen että osakesijoitusten osuudet ovat yhtäsuuria. Jäljelle jäävä varallisuus sijoitetaan pitkään korkoon. Sijoitusstrategiana PI^1 käytetään dynaamista sijoitusstrategiaa, joka määrittyy taulukon 4.2 parametrien mukaan. Tällöin osakkeiden osuus vaihtelee välillä 10%-35% ja pitkän koron sijoitusosuus välillä 44%-69% riippuen järjestelmän keskimääräisestä vakavaraisuusasteesta. Koska $\lambda = 1$ niin osakesijoitusten osuus on täsmälleen yhtäsuuri kuin vakavaraisuusaste. Eläkeneuvotteluryhmän mukaan osakesijoitusten osuus on ollut viime vuosina lievästi suurempi kuin vakavaraisuusaste [4, s. 33].

4.6.1 Nykyjärjestelmä

Kuvassa 4.2 on esitetty TyEL-maksun mediaani ja 90% luottamusväli vuosille 2005-2034 molemmille sijoitusstrategioille. Vuosien 2003-2013 lisärahoitointi [23] oletetaan tehtävän nostamalla TyEL-maksua, mikä näkyy selvänä maksun nousuna vuoteen 2013 asti. TyEL-maksun jakauma on vino ja hajonta huomattavan suurta, joten pelkkä odotusarvon ja hajonnan tarkastelu ei anna riittävää kuvaa TyEL-maksun kehityksestä. TyEL-maksun mediaani on lievästi korkeampi kuin TyEL-maksu ETK:n deterministisessä laskelmas-

Taulukko 4.1: Sijoitusstrategian CP^1 sijoitusosuudet.

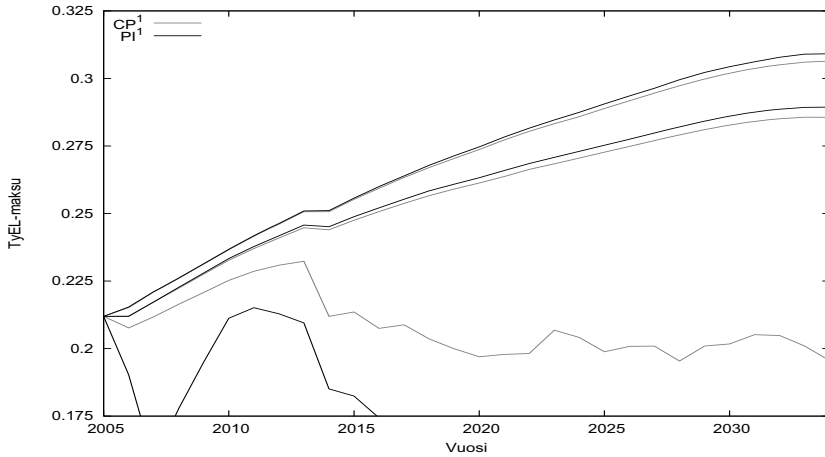
Lyhyt korko	$w_t^{si} = 8\%$,
pitkä korko	$w_t^{bi} = 59\%$,
suomalaiset osakkeet	$w_t^{fi} = 5\%$,
eurooppalaiset osakkeet	$w_t^{eu} = 5\%$,
amerikkalaiset osakkeet	$w_t^{us} = 5\%$,
aasialaiset osakkeet	$w_t^{as} = 5\%$,
kiinteistöt	$w_t^{pi} = 13\%$.

Taulukko 4.2: Sijoitusstrategian PI^1 parametrit.

Lyhyt korko	$w_t^{si} = 8\%$,
kiinteistöt	$w_t^{pi} = 13\%$,
osakkeiden minimiosuus	$b^l = 10\%$,
osakkeiden maksimiosuus	$b^u = 35\%$,
riskiparametri	$\lambda = 1,0$.

sa, jossa maksu on 23,6% vuonna 2015 ja 27,7% palkkasummasta vuonna 2035 [2, s.74],[4, s. 19-20]. Tässä TyEL-maksun mediaani on 24,8% vuonna 2015 ja 28,6% palkkasummasta vuonna 2034 sijoitusstrategialla CP^1 . Vastaavat TyEL-maksun keskiarvot ovat 24,2% vuonna 2015 ja 27,5% vuonna 2034. Staattisella strategialla CP^1 TyEL-maksun luottamusvälin alaraja on selkeästi heikompi kuin dynaamisella strategialla PI^1 , jossa osakkeiden paino kasvaa vakavaraisuusasteen kasvaessa. TyEL-maksu laskee huomattavan matalaksi lähinnä poikkeuksellisen suurten maksun palautusten takia, joita on myös eläkeneuvotteluryhmän laskelmissa. Alaraja on 5%-kvantiili kullekin vuodelle 2005-2034, ei yksittäinen simulaatio jossa TyEL-maksu kehittyisi alarajan mukaisesti. Mediaanissa ei juurikaan ole eroa sijoitusstrategioiden välillä. Luottamusvälin yläraja (95%-kvantiili) on lievästi alempi dynaamisen strategian siirtäessä varoja pois osakkeista vakavaraisuusasteen laskiessa.

Kuvassa 4.3 on esitetty mediaani ja 90% luottamusväli palautuksille suhteessa palkkasummaan molemmille sijoitusstrategioille. Nykyinen käytäntö johtaa pienellä todennäköisyydellä huomattavan suuriin palautuksiin, koska toimintapääoman ollessa yli neljä kertaa suurempi kuin vakavaraisuusraja, koko ylitys palautetaan maksun alennuksina välittömästi. Sama ilmiö on myös eläkeneuvotteluryhmän laskelmissa, jossa tuli keskimäärin yli 5%

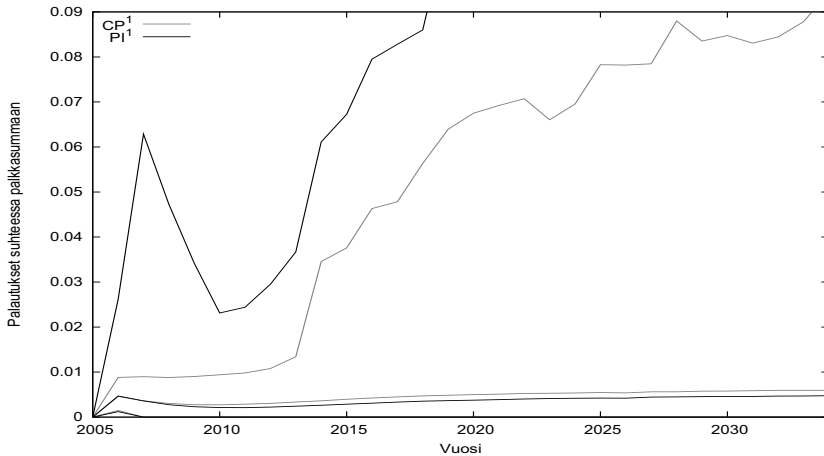


Kuva 4.2: Mediaani ja 90%-luottamusväli TyEL-maksulle.

palkkasumman suuruisia palautuksia noin kerran 5-10 vuodessa [4, s. 59] [9, s. 15].

Kuvassa 4.4 on esitetty vastaavasti järjestelmän keskimääräisen vakavaraisuusasteen mediaani ja 90% luottamusväli. Strategialla CP^1 vakavaraisuusasteen luottamusvälin alaraja on ajanhetkestä riippuen noin 0,5-1% heikempi kuin dynaamisella strategialla PI^1 , toisin sanoen lievästi alempi TyEL-maksun yläraja saadaan lievästi alemman vakavaraisuusasteen alarajan kustannuksella. Mediaanin kohdalla TyEL-maksu on noin 1-2% korkeampi strategialla CP^1 kuin strategialla PI^1 , koska dynaaminen strategia PI^1 muuttaa osakesijoitusten osuutta vakavaraisuusasteen mukaan. Luottamusvälin yläraja määräytyy suuressa määrin sijoitusstrategiasta riippuvan vakavaraisuusrajan mukaan, joten strategialla PI^1 päästään hieman korkeampaan vakavaraisuusasteeseen kuin strategialla CP^1 .

Kuvassa 4.5 on esitetty mediaani ja 90%:n luottamusväli järjestelmän rahastoitujen osien vastuuvälillä suhteessa palkkasummaan. Mediaani (vuonna 2034 noin 1,8 sijoitusstrategiasta riippuen) on samansuuntainen kuin ETK:n deterministisessä laskelmassa, jossa vuoden 2035 vastuuvälä suhteessa palkkasummaan on 1,9 [2, s. 74]. Mediaani ja luottamusvälin alaraja ovat lievästi suuremmat staattisella strategialla CP^1 kuin strategialla PI^1 , koska dynaamisen strategian odotetut tuotot pienenevät osakkeiden osuuden pienentyessä vakavaraisuusasteen laskiessa. Ylärajassa eroa ei juurikaan synny dynaamisen strategian lisätessä osakesijoitusten osuutta vakavaraisuusasteen kasvaessa.

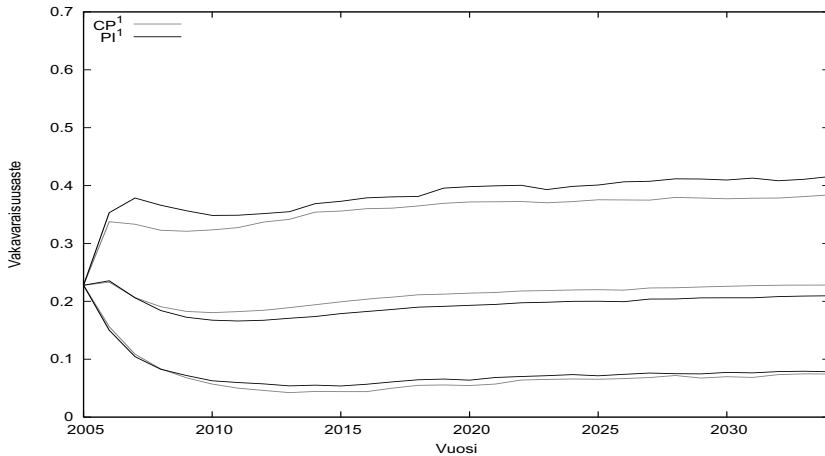


Kuva 4.3: Mediaani ja 90%-luottamusväli asiakaspalautuksille.

4.6.2 Hallituksen lakiesitys

Kuvassa 4.6 on esitetty TyEL-maksun mediaani ja 90% luottamusväli nykyjärjestelmän (*nyky*) ja Hallituksen esityksen mukaisessa järjestelmässä (*uusi*) kun käytetään sijoitusstrategiaa CP^1 . TyEL-maksun luottamusvälin ylärajaan uudistus ei juurikaan vaikuta. Mediaanin kohdalla TyEL-maksu on uudessa järjestelmässä ajanhetkestä riippuen noin 0-0,8% alempi kuin nykyjärjestelmässä. Sen sijaan TyEL-maksu luottamusvälin alarajalla on ajanhetkestä riippuen noin 0% - 3% alempi nykyjärjestelmässä kuin uudessa järjestelmässä. Uudessa järjestelmässä toimintapääoman ollessa yli neljää kertaa suurempi kuin vakavaraisuusraja, ylitykset jaksotetaan useammalle vuodelle kun taas nykyjärjestelmässä ylitykset maksetaan kerralla pois.

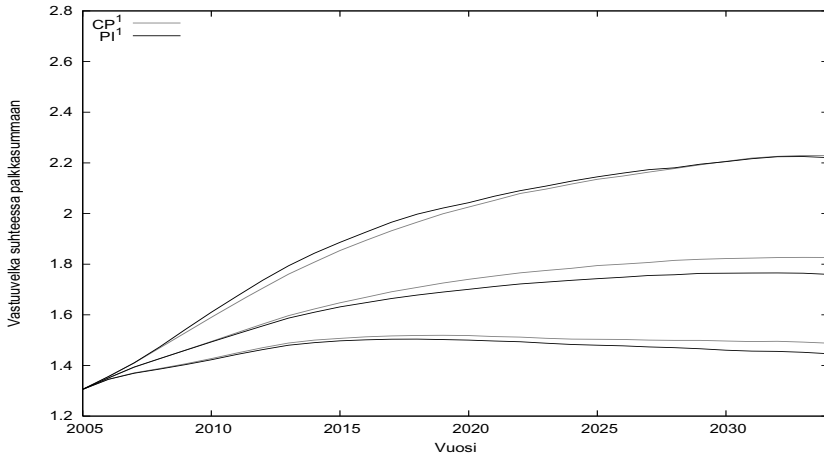
Kuvassa 4.7 on esitetty TyEL-maksun mediaani ja 90% luottamusvälit nykyjärjestelmän ja Hallituksen esityksen mukaisessa järjestelmässä sijoitusstrategialle PI^1 . TyEL-maksun luottamusvälin ja mediaanin suhteen muutokset ovat lievästi suurempia kuin staattisella sijoitusstrategialla CP^1 , koska dynaaminen strategia reagoi muuttuneeseen toimintapääoman määrään. Mediaanin kohdalla TyEL-maksu on ajanhetkestä riippuen 0-1,8% alempi uudessa kuin nykyisessä järjestelmässä. Tässä saatu TyEL-maksun vaihteluväli on huomattavasti suurempi kuin lakiesityksen yleisperusteluissa esitetty TyEL-maksun herkkyyssanalyysin mukainen vaihteluväli 25,5-28% [9, s. 9]. Herkkyyssanalyysin vaihteluväli on vähän pienempi kuin 50%-luottamusväli, joka on esitetty kuvassa 4.8. Herkkyyssanalyysissä ei ole varsinaisesti huomioitu sijoitustuottojen stokastiikkaa.



Kuva 4.4: Mediaani ja 90%-luottamusväli TyEL-järjestelmän keskimääräiselle vakavaraisuusasteelle.

Kuvissa 4.9 ja 4.10 on esitetty mediaani ja 90% luottamusväli palautuksille suhteessa palkkasummaan molemmissa järjestelmissä. Uudessa järjestelmässä huomattavan suurten palautusten määrä vähenee, mutta ne voivat olla pienellä todennäköisyydellä varsin suuria edelleenkin. Kuten myöhemmin nähdään, uudessa järjestelmässä toimintapääoman määrä vaihtelee enemmän kuin vanhassa järjestelmässä, erityisesti kun osakkeiden sijoitusosuutta kasvatetaan. Vastaavasti esimerkiksi laskuperustekorkoa ei voida nostaa kuin korkeintaan yhden prosentin vuodessa [4, s. 99], jolloin tuotot eivät välttämättä ohjaudu kovinkaan nopeasti rahastojen täydennyksiin vaan maksetaan asiakaspalautuksina takaisin. Ongelmana on myös ylärajan riippuminen vakavaraisuusraja, jota voidaan muuttaa sijoitusstrategialla suurten palautusten maksamiseksi.

Kuvassa 4.11 on esitetty molempien järjestelmien vakavaraisuusasteen mediaanit ja 90% luottamusvälit kun käytetään sijoitusstrategiaa CP^1 . Ero nykyisen ja uuden järjestelmän välillä on huomattava, ajanhetkestä riippuen vakavaraisuusaste on 3-5% korkeampi uudessa kuin nykyisessä järjestelmässä osaketuottosidonnaisen vastuuvelan osan ja muuttuneen tuottovaatimuksen vaikuttaessa vastuuvelan määrään. Kuvassa 4.12 on molempien järjestelmien keskimääräisen vakavaraisuusasteen mediaanit ja 90% luottamusvälit kun käytetään sijoitusstrategiaa PI^1 . Tulokset ovat samansuuntaisia kuin sijoitusstrategialla CP^1 . Yläraja on kuitenkin huomattavasti vielä korkeammalla, koska vakavaraisuusraja nousee osakesijoitusten kasvaessa ja vakavaraisuusrajan nelinkertaisia ylityksiä ei tarvitse maksaa välittömästi asiakas-



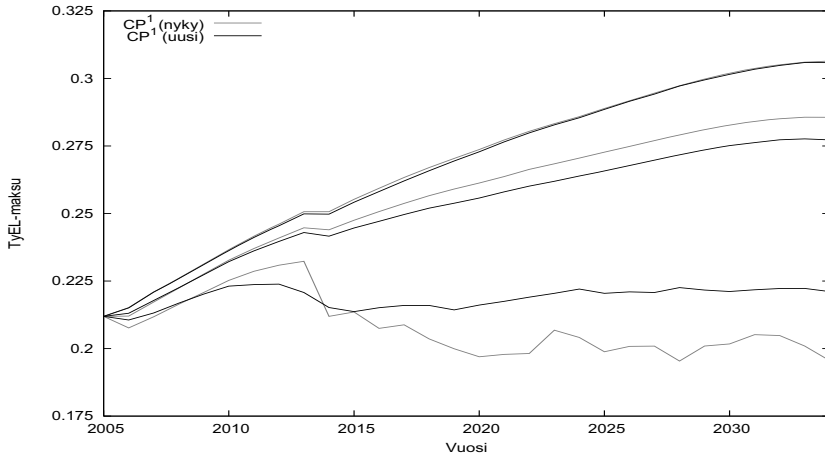
Kuva 4.5: Mediaani ja 90%-luottamusväli TyEL-järjestelmän vastuuvellalle suhteessa palkkasummaan.

palautuksina. Vakavaraisuusasteen kasvu oli yksi eläkeuudistuksen tavoitteista [9, s. 12], mutta pitkällä aikavälillä nousu on suurempi kuin lakiesityksen esittämä 2%:n kasvu viidessä vuodessa. Kasvu riippuu kuitenkin huomattavasti sijoitusstrategiasta. Vakavaraisuusasteen jakauma on myös hyvin vino, joten pelkkä odotusarvon tarkastelu ei ole riittävää.

Kuvassa 4.13 on esitetty molempien järjestelmien rahastoitujen eläkkeiden vastuuvellan (V_t nykyisessä ja $V_t - V_t^o$ uudessa järjestelmässä) mediaanit ja 90% luottamusvälit kun käytetään sijoitusstrategiaa CP^1 . Uudessa järjestelmässä eläkkeiden rahastoituja osia täydennetään hitaammin, koska osa tuotoista on siirretty osaketuottosidonnaiseen vastuuvelkaan ja laskuperusteiden kaavaa on muutettu. Kuvassa 4.14 on esitetty molempien järjestelmien rahastoitujen eläkkeiden vastuuvellan mediaanit ja 90% luottamusvälit kun käytetään sijoitusstrategiaa PI^1 . Dynaaminen strategia lisää osakesijoitusten osuutta vakavaraisuusasteen kasvaessa, mikä näkyy uudessa järjestelmässä korkeampina eläkkeiden rahastoitujen osien täydennyksinä hyvien sijoitustuottojen tapauksessa.

4.6.3 Hallituksen lakiesitys suuremmilla osakepainoilla

Luvuissa 4.6.1 ja 4.6.2 on tarkasteltu nykyistä ja Hallituksen esityksen mukaista järjestelmää käyttäen samoja sijoitusstrategioita. Yksi lakiesityksen

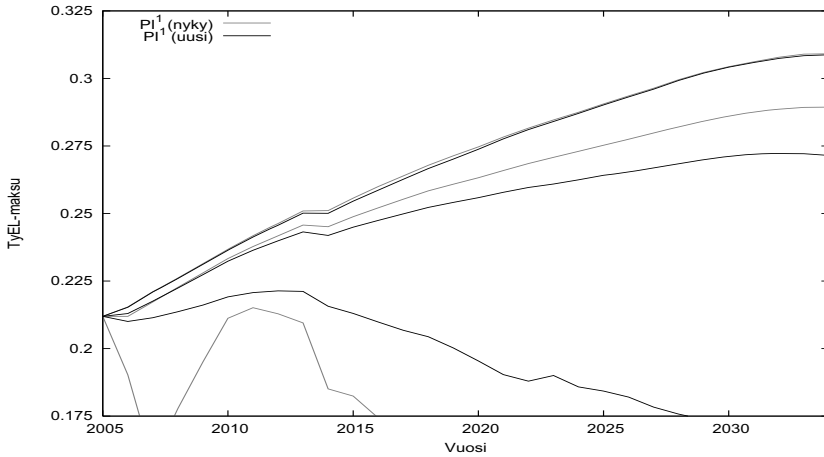


Kuva 4.6: Mediaani ja 90%-luottamusvälit eläkejärjestelmien TyEL-maksulle sijoitusstrategialla CP^1 .

tavoitteista on lisätä osakesijoitusten osuutta sijoitusportfoliossa. Esityksen mukaan sijoitusosuutta voidaan nostaa nykyisestä noin 10% seuraavan viiden vuoden kuluessa [9, s. 9], *nykyistä* ei esityksessä ole määritelty. Määritellään kiinteään sijoitusallokaation sijoitusstrategia CP^2 taulukon 4.3 parametrien mukaan, missä osakesijoitusten yhteenlaskettua osuutta on lisätty 10%:lla strategiaan CP^1 verrattuna ja vastaavasti vähennetty pitkän koron sijoitusten osuutta 10%. Määritellään vastaavasti enemmän osakkeisiin sijoittava dynaaminen sijoitusstrategia PI^2 taulukon 4.4 mukaan, jossa parametria λ on kasvatettu siten, että osakkeisiin sijoitetaan 1,2 kertaa vakavaraisuusaste annettujen rajojen sisällä.

Taulukko 4.3: Sijoitusstrategian CP^2 sijoitusosuudet.

Lyhyt korko	$w_t^{si} = 8\%$,
pitkä korko	$w_t^{bi} = 49\%$,
suomalaiset osakkeet	$w_t^{fi} = 7,5\%$,
eurooppalaiset osakkeet	$w_t^{eu} = 7,5\%$,
amerikkalaiset osakkeet	$w_t^{us} = 7,5\%$,
aasialaiset osakkeet	$w_t^{as} = 7,5\%$,
kiinteistöt	$w_t^{pi} = 13\%$.



Kuva 4.7: Mediaani ja 90%-luottamusvälit eläkejärjestelmien TyEL-maksulle sijoitusstrategialla PI^1 .

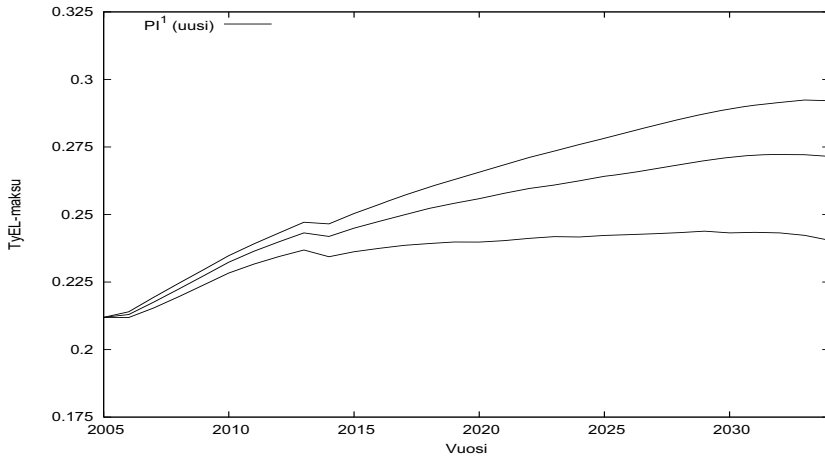
Taulukko 4.4: Sijoitusstrategian PI^2 parametrit.

Lyhyt korko	$w_t^{si} = 8\%$,
kiinteistöt	$w_t^{pi} = 13\%$,
osakkeiden minimiosuus	$b^l = 10\%$,
osakkeiden maksimiosuus	$b^u = 35\%$,
riskiparametri	$\lambda = 1,2$.

Kuvassa 4.15 on esitetty mediaani ja 90%-luottamusvälit uuden eläkejärjestelmän TyEL-maksulle sijoitusstrategioilla CP^1 ja CP^2 . Luottamusvälin ylärajaan osakkeiden osuuden lisäys ei juurikaan vaikuta, mutta TyEL-maksu mediaanin kohdalla putoaa ajanhetkestä riippuen 0-1,5%. Nykyjärjestelmän TyEL-maksuun strategialla CP^1 (kuva 4.2) mediaanin ero on 0-2,3% ajanhetkestä riippuen. Luottamusvälin alarajaan muutos vaikuttaa huomattavasti hyvien sijoitustuottojen johtaessa ajoittain suuriin asiakaspalautuksiin.

Kuvassa 4.16 on esitetty mediaani ja 90%-luottamusvälit uuden eläkejärjestelmän vakavaraisuusasteelle sijoitusstrategialla CP^2 . Luottamusvälit ovat huomattavasti suuremmat osakepainotteisemmalla sijoitusstrategialla CP^2 , matalammat TyEL-maksut saavutetaan siis suuremmalla riskillä.

Kuvassa 4.17 on esitetty mediaani ja 90%-luottamusvälit uuden järjestelmän rahastoitujen eläkkeiden vastuuvälille suhteessa palkkasummaan si-



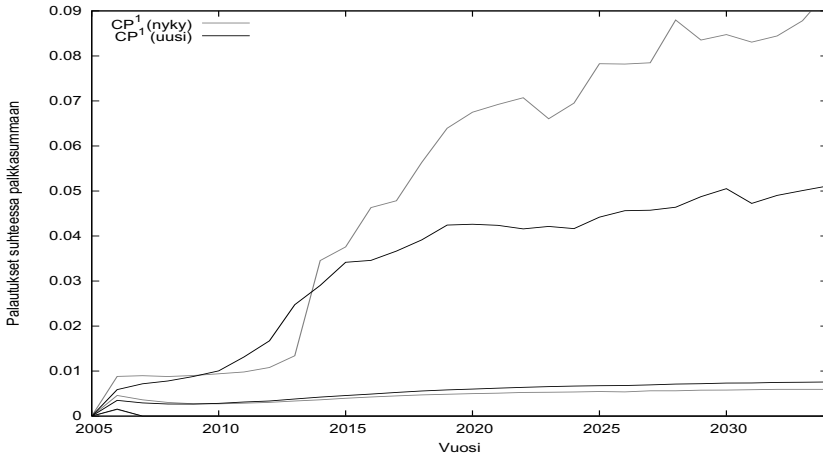
Kuva 4.8: Mediaani ja 50%-luottamusväli uuden eläkejärjestelmän TyEL-maksulle sijoitusstrategialla PI^1 .

joitusstrategioilla CP^1 ja CP^2 , erot sijoitusstrategioiden välillä ovat samansuuntaiset kuin TyEL-maksussa. Luottamusvälin alarajasta nähdään, että heikkojen sijoitustuottojen tapauksessa rahastot eivät juurikaan kasva eikä eroa synny, sijoitustuottojen parantuessa myös rahastot kasvavat selvästi nopeammin suuremmalla osakepainolla.

Kuvissa 4.18 - 4.20 on esitetty mediaanit ja 90%-luottamusvälit järjestelmien TyEL-maksulle, vakavaraisuusasteelle ja rahastoitujen eläkkeiden vastuuvälille suhteessa palkkasummaan sijoitusstrategialla PI^1 ja PI^2 . Dynaamisella sijoitusstrategialla erot järjestelmien välillä ovat huomattavasti pienemmät kuin kiinteän sijoitusallokaation strategioilla, koska dynaamiset strategiat reagoivat muutenkin suoraan vakavaraisuusasteen kasvuun. TyEL-maksu mediaanin kohdalla laskee ajanhetkestä riippuen 0-2,3% verrattuna nykyjärjestelmään (kuva 4.2).

4.6.4 Konkurssitodennäköisyydet

Taulukossa 4.5 on esitetty konkurssitodennäköisyydet, TyEL-maksun luottamusvälin yläraja (TyEL 95%) ja mediaani (TyEL 50%) vuonna 2034 molemmille eläkejärjestelmille ja sekä edellä käytettyille sijoitusstrategioille. Konkurssitodennäköisyyksiä arvioitaessa on huomioitava, että konkurssiraja on huomattavasti erilainen uudessa kuin vanhassa järjestelmässä sekä vakavaraisuusrajan laskentakaavan muuttumisen että uuden osaketuottosidonin vastuuvelan osan myötä.



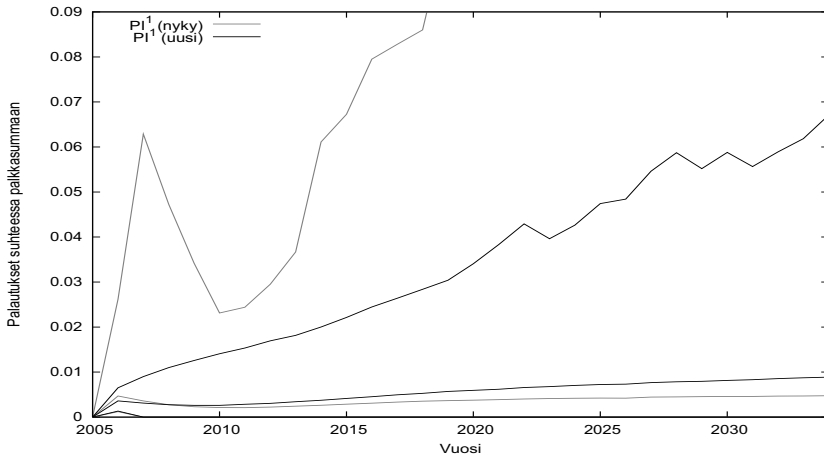
Kuva 4.9: Mediaani ja 90%-luottamusväli asiakaspalautuksille sijoitusstrategialla CP^1 .

Taulukko 4.5: Konkurssitodennäköisyydet.

Järjestelmä	Strategia	$P(B^0)$	$P(B^{\frac{1}{3}})$	TyEL 95%	TyEL 50%
Nyky	CP^1	12,0%	21,4%	30,6%	28,6%
Nyky	PI^1	6,3%	15,4%	30,9%	28,9%
Uusi	CP^1	3,9%	6,2%	30,6%	27,7%
Uusi	PI^1	2,7%	5,2%	30,9%	27,1%
Uusi	CP^2	11,2%	16,0%	30,5%	26,2%
Uusi	PI^2	4,4%	7,7%	30,9%	26,6%

Kiinteän sijoitusallokaation strategioilla konkurssitodennäköisyydet ovat varsin korkeita, dynaamisilla strategioilla päästään huomattasti pienempiin todennäköisyyksiin mutta samalla TyEL-maksun jakauma liikkuu ylöspäin. Tässä tarkastellaan eläkejärjestelmää keskimäärin, joten yksittäisen eläkeyhtiön konkurssitodennäköisyydet ovat suurempia kuin tässä esitetyt. Konkursitodennäköisyys muuttuu ajan kuluessa ja on suurimmillaan seuraavan kymmenen vuoden aikana. Kuvissa 4.21 ja 4.22 on esitetty konkurssitodennäköisyyksien jakautuminen eri vuosille nykyisessä ja uudessa järjestelmässä edellä esitellyillä sijoitusstrategioilla.

Eläkeneuvotteluryhmän mukaan nykyjärjestelmässä osakepainolla 25% jokin heidän laskelmissaan käyttämästä yhtiöstä joutuu konkurssiin seuraa-

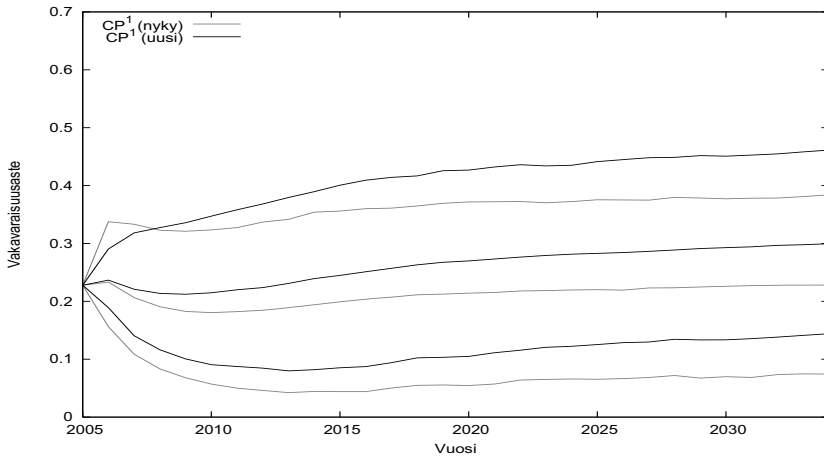


Kuva 4.10: Mediaani ja 90%-luottamusväli asiakaspalautuksille sijoitusstrategialla PI^1 .

van kolmenkymmenen vuoden aikana 10% todennäköisyydellä [4, s. 85] kun käytetään konkurssimääritelmää B^0 . Tässä sama todennäköisyys saadaan jo 20% osakepainolla. Syitä voi olla monia, esimerkiksi yksittäisen yhtiön lähtövarallisuus ja vastuuvelan, kassavirtojen ja sijoitustuottojen stokastiikka vaikuttavat huomattavasti konkurssitodennäköisyyksiin. Alhainen simulointien määrä voi myös vaikuttaa tuloksiin, esimerkiksi sijoitusstrategialla CP^1 konkurssitodennäköisyys $P(B^0)$ vaihteli nykyjärjestelmässä välillä 9,8% - 13,9% ja konkurssitodennäköisyys $P(B^{\frac{1}{3}})$ välillä 18,9% - 23,7% kun käytettiin vain tuhatta simulaatiota. Eläkeneuvotteluryhmä ei ole raportoinut malliaan ja dataansa sellaisella tarkkuudella, että laskennan voisi toistaa tai syitä etsiä. Koska työeläkevakuuttamien on lakisääteistä, olisi kaikki eläkejärjestelmää koskevat laskelmat raportoitava julkisesti niin, että niitä voidaan kriittisesti tarkastella.

4.6.5 Laskuperustekorona noston rajoittaminen

Kuten esimerkiksi kuvista 4.3 ja 4.9 nähtiin, hyvien sijoitustuottojen tapauksessa osa sijoitustuotoista ei ohjautu rahastoitujen eläkkeiden täydennyksiin vaan satunnaisesti tulee hyvin suuria asiakaspalautuksia suhteessa palkkasumaan. Sama ilmiö näkyy alhaisena TyEL-maksun alarajana molemmissa eläkejärjestelmissä ja kaikille käytetyillä sijoitusstrategioilla. Suuria asiakaspalautuksia on myös eläkeneuvotteluryhmän laskelmissa [4, s. 59] [9, s. 15]. Eräs syy tähän saattaa olla, että järjestelmä ei ohjaa sijoitustuottoja

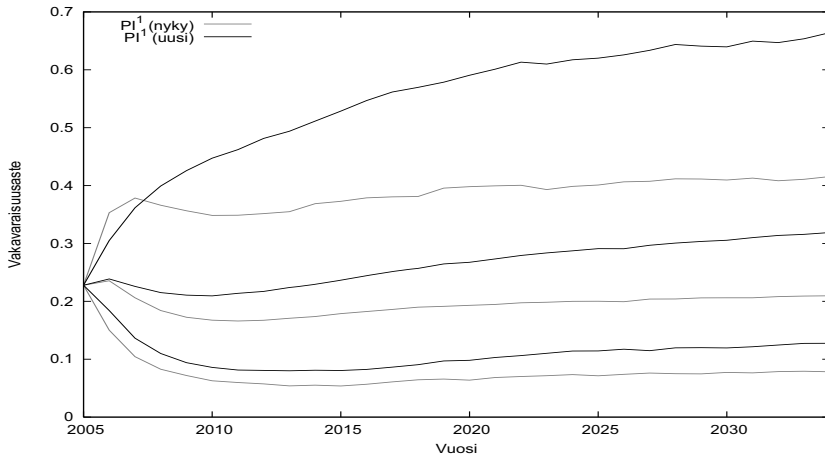


Kuva 4.11: Mediaani ja 90%-luottamusvälit eläkejärjestelmien vakavaraisuusasteelle sijoitusstrategialla CP^1 .

riittävän nopeasti rahastoitujen eläkkeiden täydennyksiin.

Nykyisten säännösten mukaan laskuperustekorko määritellään puolen vuoden välein ja sitä voidaan korottaa kerrallaan korkeintaan 0,5% kerrallaan [4, s. 99], siis tässä tutkimuksessa käytetyssä vuositason mallissa yhden prosentin vuodessa. Laskuperustekorko riippuu työeläkejärjestelmän keskimääräisestä vakavaraisuusasteesta. Kuten esimerkiksi kuvista 4.11, 4.12, 4.16 ja 4.19 nähtiin, uudessa järjestelmässä ja korkeammilla osakesijoituksilla vakavaraisuusasteen vaihtelu on huomattavasti suurempaa kuin vanhassa järjestelmässä, ja osakesijoitusten kasvattaminen vielä lisää vaihtelua. Koska laskuperustekoron laskemista ei ole rajoitettu ja nostamista on, tästä voi seurata, että sijoitustuotot eivät ohjaudu eläkkeiden rahastoitujen osien täydennyksiin kovinkaan nopeasti.

Tämän luvun laskelmissa laskuperustekoron nostoa ei ole rajoitettu. Kuvassa 4.23 on esitetty TyEL-maksu ja kuvassa 4.24 asiakaspalautukset uudessa järjestelmässä sijoitusstrategialla PI^1 kun laskuperustekoron nostoa on ja ei ole rajoitettu. Vaikka ero TyEL-maksussa ei ole olennainen, laskuperustekoron nostorajoituksen poisto pienentää huomattavasti suuria asiakaspalautuksia. Kyse onkin enemmänkin siitä, pienennetäänkö TyEL-maksua rahastoista maksettavilla eläkkeillä vaiko asiakaspalautuksilla. Sama nähdään kuvasta 4.25, jossa rahastoitujen eläkkeiden vastuuvélka kasvaa hyvien sijoitustuottojen tapauksessa huomattavasti nopeammin kuin jos laskuperuskoron nousua on rajoitettu.

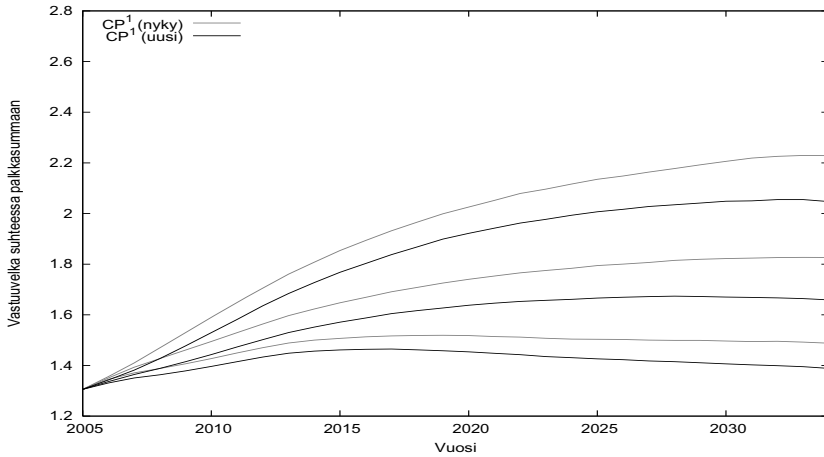


Kuva 4.12: Mediaani ja 90%-luottamusvälit eläkejärjestelmien vakavaraisuusasteelle sijoitusstrategialla PI^1 .

Taulukossa 4.6 on esitetty konkurssitodennäköisyydet sekä vuoden 2034 TyEL-maksun mediaani ja luottamusvälin yläraja. Suluissa on esitetty ero taulukossa 4.5 esitettyihin vastaaviin arvoihin, joissa laskuperustekorona nostoa on rajoitettu prosenttiyksikköön vuodessa. Uudessa järjestelmässä laskuperustekorona rajoituksen poistaminen nostaa konkurssitodennäköisyyksiä vähemmän kuin vanhassa järjestelmässä. Kasvua tulee lievästi kiinteällä sijoitusstrategialla CP^2 . Dynaamisilla strategioilla PI^1 ja PI^2 konkurssitodennäköisyyden kasvu on jo varsin marginaalinen, tosin samalla TyEL-maksun mediaani laskee kymmenyksen.

Kuten esimerkiksi kuvasta 4.24 nähdään, asiakaspalautusten suhde palkkasummaan kasvaa ajanmyötä. Tämä johtuu siitä, että palautusten määrä on sidottu toimintapääomaan, jonka määrä riippuu varallisuudesta ja vastuuvelasta. Koska vastuuvelan ja palkkasumman suhde kasvaa vuoteen 2034 mennessä lähtöhetken yhdestä noin kaksinkertaiseksi, kasvavat myös toimintapääomasta riippuvat asiakaspalautukset suhteessa palkkasummaan.

Käytännössä suuret asiakaspalautukset jakaantuisivat todennäköisesti tasaisemmin useammalle vuodelle kuin mitä tässä on esitetty, sillä eri eläkelaitoksilla vakavaraisuusrajan nelinkertaiset ylitykset saattaisivat osua hieman eri vuosille. Olenaisempaa kuitenkin on, että sijoitustuotot eivät ohjaudu aina riittävän nopeasti eläkerahastojen täydennyksiin.



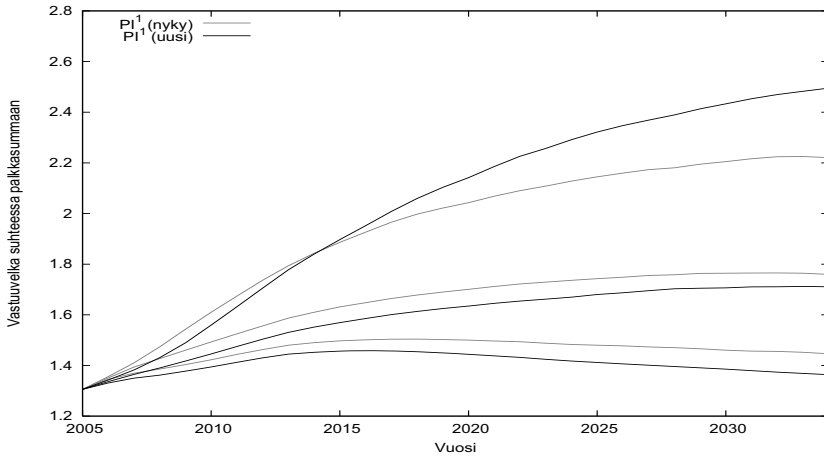
Kuva 4.13: Mediaani ja 90%-luottamusvälit järjestelmien rahastoitujen eläkkeiden vastuuvellalle suhteessa palkkasummaan sijoitusstrategialla CP^1 .

4.6.6 Palautusten alaraja

Asiakaspalautusten maksu vaikuttaa eläkelaitosten vakavaraisuuteen ja TyEL-maksuun. Edellisissä laskelmissa palautusten alaraja on riippunut ainoastaan vakavaraisuusasteesta, ei sijoitustoiminnalla muutettavissa olevasta vakavaraisuusrajasta. Eläkeneuvotteluryhmä esittää yhtenä vaihtoehtona palautusten alarajaksi vakavaraisuusrajaa kun kyseessä on työeläkeyhtiö [4, s. 57]. Asiakaspalautusten määrä ei saisi viedä työeläkeyhtiön varallisuutta alle vakavaraisuusrajan. Tässä luvussa asiakaspalautukset lasketaan kaavan (4.9) sijaan kaavalla

$$h_t = \begin{cases} 0 & \text{jos } (1 - \alpha)U_t < B_t V_t, \\ \alpha U_t & \text{jos } (1 - \alpha)U_t \geq B_t V_t \text{ ja} \\ & U_{t-1} - 4B_{t-1}V_{t-1} \leq 0 \text{ tai} \\ & (1 - \alpha)U_t - 4B_t V_t \leq 0, \\ \alpha U_t + \max(0; \frac{1}{3}((1 - \alpha)U_t - 4B_t V_t)) & \text{muuten.} \end{cases}$$

Eläkelaitoksen maksimipalautus olisi siis vakavaraisuusrajan yläpuolella annettu prosenttimäärä α toimintapääomasta eivätkä palautukset saisi viedä yhtiötä vakavaraisuusrajan alapuolelle. Toimintapääoman ollessa yli nelinkertainen vakavaraisuusrajaan vähintään kahtena peräkkäisenä vuonna, ylityksistä maksetaan kolmasosa asiakaspalautuksina. Esimerkkinä eläkeneuvotteluryhmän raportissa on annettu 1,5% toimintapääomasta.



Kuva 4.14: Mediaani ja 90%-luottamusvälit järjestelmien rahastoitujen eläkkeiden vastuuvelalle suhteessa palkkasummaan sijoitusstrategialla PI^1 .

Taulukossa 4.7 on esitetty vakavaraisuusrajan mukaan lasketut konkurssitodennäköisyydet ($P(B^{\frac{1}{3}})^1$) ja vuoden 2034 TyEL-maksun 95%-kvantiili (TyEL 95¹) sekä mediaani (TyEL 50¹) uudessa järjestelmässä kun palautusprosentti α on 0,5-, 1- ja 1,5% toimintapääomasta. Vastaavat arvot on laskettu myös kaavalla (4.9) vaihdellen α :n arvoja (yläindeksi 2). Asiakaspalautusten maksaminen alarajalle nostaa selvästi konkurssitodennäköisyyttä verrattuna jos vastaava prosenttiosuus maksettaisiin vain 15% vakavaraisuuden ylittävältä osalta. Vuoden 2034 TyEL-maksun mediaaniin (TyEL 50) alarajalla ei juurikaan ole merkitystä. Vuoden 2034 TyEL-maksun 95%-pisteeseessäkin (TyEL 95) vaikutus on korkeintaan 0,1%. α :n arvo vaikuttaa konkurssitodennäköisyyteen huomattavasti enemmän silloin asiakaspalautuksia maksetaan vakavaraisuusrajalle asti.

4.6.7 Täydennysten kohdentaminen ikäluokittain

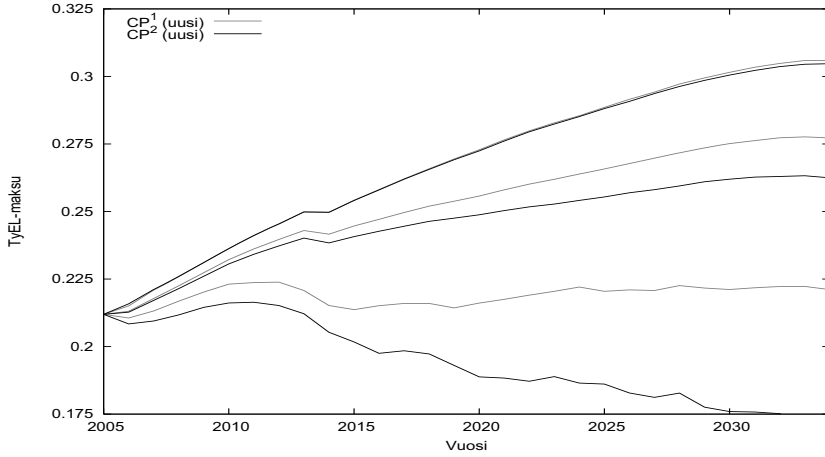
Lakiesityksen 171 §:n mukaan vanhuuseläkkeiden täydennykset voidaan kohdistaa vuosittain eri suuruksina eri ikäluokille, jolloin täydennysten avulla voidaan vaikuttaa TyEL-maksun kehitykseen. Tässä luvussa vuoden t täydennykset kohdistetaan k_t -vuotta täyttäneille, jolloin kaava (4.1) korvataan

Taulukko 4.6: Konkurssitodennäköisyydet ja TyEL-maksut kun laskuperustekoron nousua ei ole rajoitettu.

Järjestelmä	Strategia	$P(B^0)$	$P(B^{\frac{1}{3}})$	TyEL 95%	TyEL 50%
Nyky	CP^1	12,7% (+0,7)	22,5% (+1,1)	30,6% (0,0)	28,4% (-0,2)
Nyky	PI^1	6,6% (+0,3)	16,3% (+0,9)	30,9% (0,0)	28,8% (-0,1)
Uusi	CP^1	3,9% (0,0)	6,2% (+0,0)	30,6% (0,0)	27,7% (0,0)
Uusi	PI^1	2,8% (+0,1)	5,3% (+0,1)	30,9% (0,0)	27,1% (0,0)
Uusi	CP^2	11,5% (+0,3)	16,5% (+0,5)	30,4% (-0,1)	26,1% (-0,1)
Uusi	PI^2	4,4% (0,0)	8,0% (+0,3)	30,9% (0,0)	26,5% (-0,1)

Taulukko 4.7: Konkurssitodennäköisyydet ja vuoden 2034 TyEL-maksut uudessa järjestelmässä kun asiakaspalautukset sallittu vakavaraisuusrajalle asti.

Strategia	α	$P(B^{\frac{1}{3}})^1$	$P(B^{\frac{1}{3}})^2$	TyEL 50 ¹	TyEL 50 ²	TyEL 95 ¹	TyEL 95 ²
CP^1	0,5%	6,1%	5,5%	27,8%	27,8%	30,7%	30,7%
CP^1	1,0%	6,6%	5,6%	27,8%	27,8%	30,6%	30,7%
CP^1	1,5%	7,2%	5,8%	27,8%	27,8%	30,6%	30,7%
CP^2	0,5%	15,3%	14,6 %	26,4%	26,4%	30,6%	30,6%
CP^2	1,0%	16,4%	14,9%	26,4%	26,4%	30,5%	30,5%
CP^2	1,5%	17,4%	15,2%	26,3%	26,3%	30,5%	30,5%
PI^1	0,5%	5,0%	4,5%	27,3%	27,3%	31,0%	31,0%
PI^1	1,0%	5,6%	4,6%	27,3%	27,3%	30,9%	31,0%
PI^1	1,5%	6,4%	4,7%	27,3%	27,2%	30,9%	30,9%
PI^2	0,5%	7,5%	6,9%	26,8%	26,8%	31,0%	31,0%
PI^2	1,0%	8,4%	7,1%	26,8%	26,7%	30,9%	30,9%
PI^2	1,5%	9,5%	7,2%	26,8%	26,7%	30,9%	30,9%



Kuva 4.15: Mediaani ja 90%-luottamusvälit uuden eläkejärjestelmän TyEL-maksulle sijoitusstrategioilla CP^1 ja CP^2 .

kaavalla

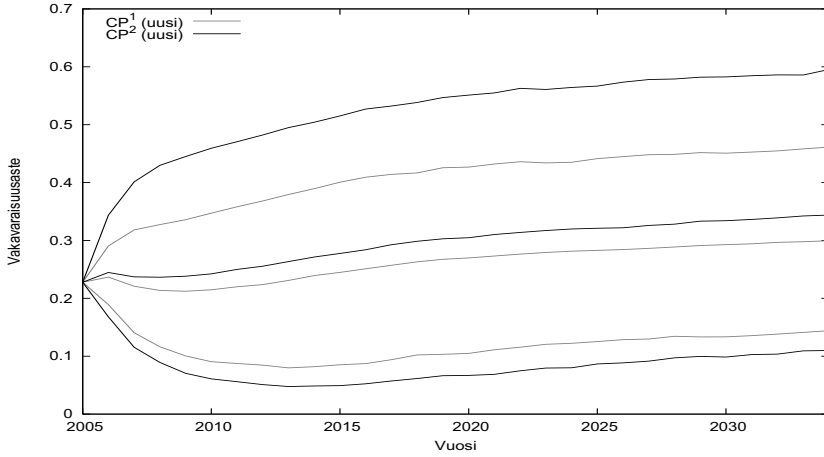
$$\begin{aligned} \check{e}_t^i &= \begin{cases} \hat{e}_{t-1}^{i-1} + 0,005 \frac{P_t^i}{\sum_{j \in \mathcal{J}} K_t^{i,j}} & \text{jos } i \text{ n ikä on alle 55,} \\ \hat{e}_{t-1}^{i-1} & \text{muuten,} \end{cases} \\ \dot{e}_t^i &= \begin{cases} \check{e}_t^i & \text{jos } i \text{ n ikä on alle } k_t, \\ (1 + r_t) \check{e}_t^i & \text{muuten,} \end{cases} \\ \hat{e}_t^i &= \begin{cases} \dot{e}_t^i & \text{jos } i \text{ n ikä on alle } k_t, \\ \dot{e}_t^i (1 + r_t^3) & \text{muuten.} \end{cases} \end{aligned} \quad (4.10)$$

Kaava (4.3) korvataan kaavalla

$$r_t^1 = \frac{\max((0,9\hat{r}_t - 0,03); 0)(V_{t-1} - V_{t-1}^o)}{\check{V}_t^{k_t}},$$

missä $\check{V}_t^{k_t}$ vanhuuseläkkeiden rahastoitujen osien vastuuvélka k_t vuotta täyttäneille ennen täydennyksiä. Myös lisärahastoinnin mukainen täydennys r_t^2 kohdistetaan k_t vuotta täyttäneille ja lasketaan kaavan (4.5) sijaan

$$r_t^2 = \frac{\gamma_t P_t}{\check{V}_t^{k_t}}.$$



Kuva 4.16: Mediaani ja 90%-luottamusvälit uuden eläkejärjestelmän vakavaraisuusasteelle sijoitusstrategioilla CP^1 ja CP^2 .

Osaketuottosidonnaisen vastuuvelan mukainen täydennyskerroin lasketaan kaavan (4.8) sijaan

$$r_t^3 = \frac{\max(-l_t^o; 0)}{\hat{V}_t^{k_t}},$$

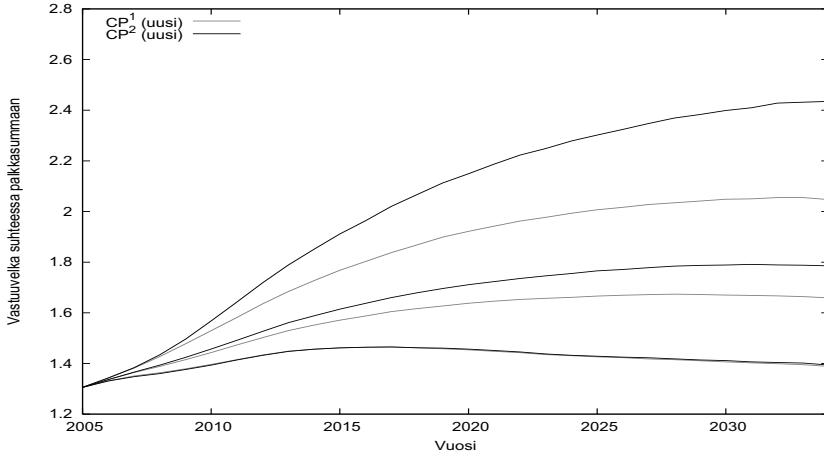
missä l_t^o on siirto osaketuottosidonnaisesta vastuuvelasta ja

$$\hat{V}_t^{k_t} = \sum_{i \in \mathcal{I}^{k_t}} \sum_{j \in \mathcal{J}} \theta_t^{i,j} K_t^{i,j} \hat{e}_t^i$$

missä \mathcal{I}^k on k vuotta täyttäneiden ikä- ja sukupuoliluokkien joukko.

Täydennykset voidaan kohdistaa aina samoille ikäluokille. Kuvassa 4.26 on esitetty TyEL-maksun mediaani ja 90%-luottamusvälit sijoitusstrategialla PI^1 kun täydennykset kohdistetaan 18 vuotta täyttäneille ($k_t = 18, t = 2005, \dots, 2034$), 55 vuotta täyttäneille ($k_t = 55, t = 2005, \dots, 2034$) ja 65 vuotta täyttäneille ($k_t = 65, t = 2005, \dots, 2034$). Kohdistamalla täydennykset 65 vuotta täyttäneille saavutetaan alhaisempi TyEL-maksun mediaani vuosina 2005–2034. Toisaalta eläkerahastot kasvavat tällöin hitaammin. Kuvassa 4.27 on esitetty rahastoitujen eläkkeiden vastuuvelan mediaani ja 90%-luottamusvälit sijoitusstrategialla PI^1 kun täydennykset kohdistetaan 18, 55 ja 65 vuotta täyttäneille. Rahastoitujen eläkkeiden määrä kasvaa sitä hitaammin mitä vanhemmille ikäluokille täydennykset kohdennetaan.

Täydennykset voidaan kohdistaa myös vuosittain eri ikäluokille. Laske-



Kuva 4.17: Mediaani ja 90%-luottamusvälit uuden järjestelmän vastuuvellalle suhteessa palkkasummaan sijoitusstrategioilla CP^1 ja CP^2 .

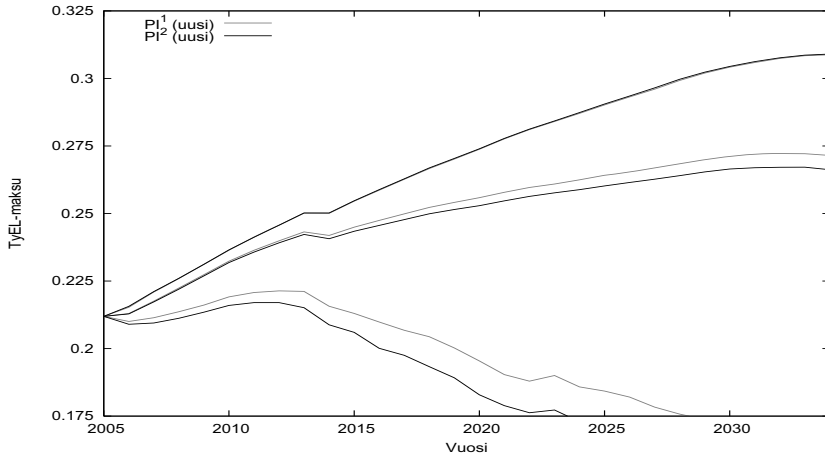
taan k_t kullekin vuodelle t

$$k_t = \begin{cases} 55 & \text{jos } t < 2020 \\ 18 & \text{jos } t \geq 2020 \text{ ja } \tau_{t-1} < 0, 20 \\ 55 & \text{jos } t \geq 2020 \text{ ja } \tau_{t-1} < 0, 22 \\ 65 & \text{muuten.} \end{cases}$$

Täydennykset kohdistetaan siis vuoteen 2020 asti 55 vuotta täyttäneiden ikäluokkien vanhuuseläkkeiden rahastoitujen osien täydennyksiin ja siitä eteenpäin edellisen vuoden TyEL-maksusta riippuen. Vuodesta 2020 eteenpäin jos edellisen vuoden TyEL-maksu on ollut alle 20% niin täydennykset kohdistetaan kaikkiin ikäluokkiin. Jos edellisen vuoden TyEL-maksu on ollut yli 20% ja alle 22% niin täydennykset kohdistetaan 55 vuotta täyttäneiden ikäluokkiin. Jos edellisen vuoden TyEL-maksu on ollut yli 22% niin täydennykset kohdistetaan 65 vuotta täyttäneiden ikäluokkiin. Kuvassa 4.28 on esitetty TyEL-maksun kehitys sijoitusstrategialla PI^1 kun täydennykset tehdään aina 55 vuotta täyttäneille ikäluokille ja kun täydennykset tehdään edellä esitetysti eri ikäluokille vuodesta ja TyEL-maksusta riippuen.

Lasketaan k_t kullekin vuodelle t

$$k_t = \begin{cases} 18 & \text{jos } \tau_{t-1} < 0, 20 \\ 55 & \text{jos } \tau_{t-1} < 0, 22 \\ 65 & \text{muuten.} \end{cases}$$



Kuva 4.18: Mediaani ja 90%-luottamusvälit uuden eläkejärjestelmän TyEL-maksulle sijoitusstrategialla PI^1 ja PI^2 .

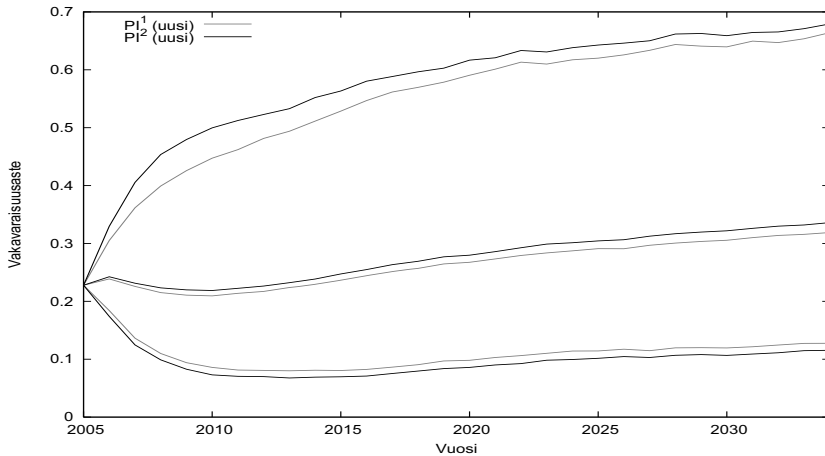
Täydennykset kohdennetaan siis kuten edellä edellisen vuoden TyEL-maksusta riippuen, mutta lähtien heti vuodesta 2005. Kuvassa 4.29 on esitetty TyEL-maksun kehitys sijoitusstrategialla PI^1 kun täydennykset tehdään aina 55 vuotta täyttäneille ikäluokille ja kun täydennykset tehdään edellä esitetysti eri ikäluokille TyEL-maksusta riippuen. Kuvista 4.28 ja 4.29 nähdään selkeästi, miten täydennysten kohdistamisella voidaan vaikuttaa TyEL-maksun kehitykseen.

Täydennyssääntö vaikuttaa kunkin eläkelaitoksen vakuutusliikkeen kasvavirtoihin, joten yksittäisen eläkelaitoksen sijoitussuunnittelun kannalta olisi ensiarvoisen tärkeää, että täydennyssääntö olisi etukäteen tiedossa, hyvin määritelty ja yksinkertainen. Myös Kilpailuvirasto on nähnyt uuden rahastointiperiaatteen ongelmallisena eläkelaitosten kilpailun kannalta [20, s. 117].

4.6.8 Sijoitusstrategiat

Edellisten lukujen tuloksista on käynyt ilmi, että sijoitusstrategia vaikuttaa huomattavasti TyEL-maksuun ja vakavaraisuuteen. Tässä tutkimuksessa käytetyistä sijoitusstrategioista voidaan muodostaa ääretön määrä erilaisia kombinaatioita muuttamalla sijoitusstrategian parametreja. Tässä luvussa esitetään esimerkinomaisesti miten eri sijoitusstrategiat ja niiden parametrien eri kombinaatiot vaikuttavat tuloksiin uudessa järjestelmässä.

Määritellään kiinteiden sijoitusallokaatioiden joukko CP^3 siten, että ly-

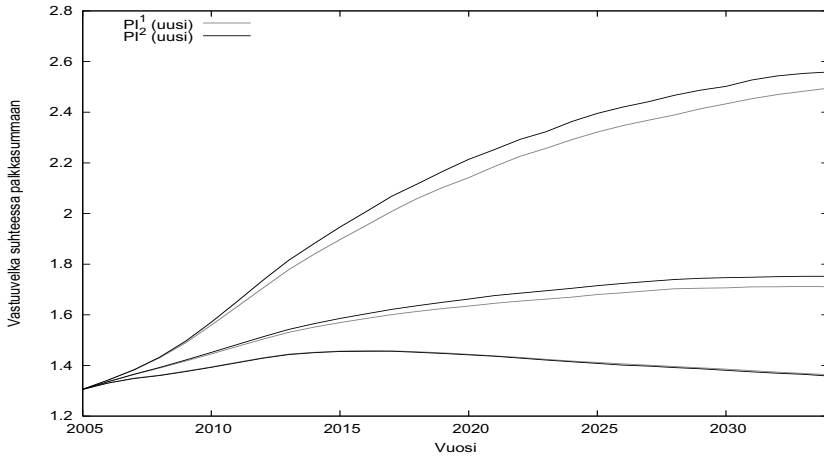


Kuva 4.19: Mediaani ja 90%-luottamusvälit uuden eläkejärjestelmän vakavaraisuusasteelle sijoitusstrategialla PI^2 .

hyen koron ja kiinteistösijoitusten osuudet määräytyvät taulukon 4.1 mukaan ja osakkeiden yhteenlaskettu osuus on 1,5%, 4%, 6,5%, ..., 44%, loput sijoitetaan pitkän koron sijoituksiin. Kuvassa 4.30 on esitetty vuoden 2034 TyEL-maksun mediaani ja 95%-piste ja osakesijoitusten välinen riippuvuus. Mediaani riippuu lähes lineaarisesti osakkeiden sijoitusosuudesta. TyEL-maksun 95%-pistettä saadaan alennettua lisäämällä osakesijoituksia 25%:in, sitä suuremmilla sijoitusosuuksilla sitä ei juurikaan saada laskettua. Kuvassa 4.31 on esitetty osakesijoitusten ja molempien määritelmien mukaisten konkurssien välinen riippuvuus. Osakkeiden osuuden laskeminen alle 10% ei enää pienennä konkurssiriskiä ja osakesijoitusten laskeminen alle 5% alkaa kasvattaa konkurssiriskiä. Havainto vastaa Heikkilän [11, s. 34] viittaamia tuloksia.

Määritellään kolme dynaamisten sijoitusstrategioiden joukkoa PI^3 , PI^4 ja PI^5 taulukon 4.8 parametrien mukaan, toisin sanoen vaihdellaan osakesijoitusten alarajaa välillä 5%-15% ja kasvatetaan ylärajaa vastaavasti välillä 30%-40% sekä annetaan osakepainon määrävään parametrin λ vaihdella välillä 0,5 - 1,7.

Kuvassa 4.32 on esitetty kuinka vuoden 2034 TyEL-maksun mediaani riippuu osakesijoitusten osuuden kasvattamisesta. Riippuvuus on huomattavan erilainen kuin mitä kiinteän sijoitusallokaation strategialla, jossa osakepaino ei mitenkään reagoi vakavaraisuusasteeseen. Vastaava eroavuus on havaittavissa kuvasta 4.33, jossa on esitetty kuinka vuoden 2034 TyEL-maksun yläraja riippuu osakesijoitusten osuuden kasvattamisesta. Kuvassa 4.34 on



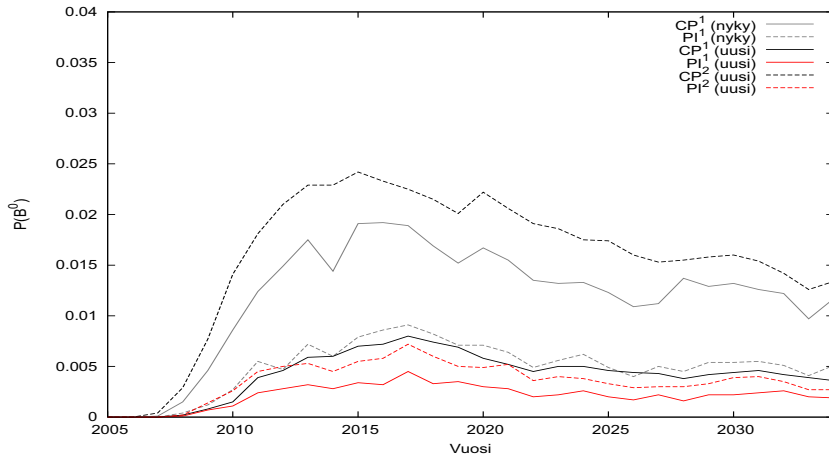
Kuva 4.20: Mediaani ja 90%-luottamusvälit uuden järjestelmän vastuuvellalle suhteessa palkkasummaan sijoitusstrategialla PI^2 .

Taulukko 4.8: Dynaamisten sijoitusstrategioiden parametrit.

Strategiajoukko	w_t^{si}	w_t^m	b^l	b^u	λ
PI^3	8%	13%	5%	30%	0,5, 0,55, ..., 1,7
PI^4	8%	13%	10%	35%	0,5, 0,55, ..., 1,7
PI^5	8%	13%	15%	40%	0,5, 0,55, ..., 1,7

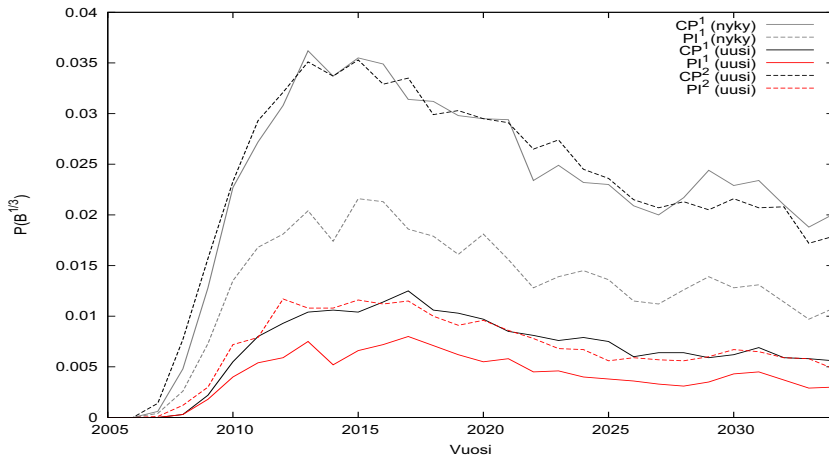
esitetty kuinka molempien määritelmien mukainen konkurssitodennäköisyys riippuu osakesijoitusten osuuden kasvattamisesta. Ero kiinteän allokaation sijoitusstrategiaan on huomattava.

Kuvissa 4.35 ja 4.36 on esitetty konkurssitodennäköisyyksien ja vuoden 2034 TyEL-maksun mediaanin riippuvuus kiinteällä ja dynaamisilla strategioilla. Molemmista kuvista nähdään sijoitusstrategian selkeä vaikutus saavutettavaan TyEL-maksun mediaaniin annetulla konkurssitodennäköisyydellä. Ero on huomattava, valitusta konkurssitodennäköisyydestä riippuen sijoitusstrategia vaikuttaa jopa yli 1,5% TyEL-maksuun mediaanin kohdalla. Ero saattaa olla suurempikin jollain toisilla sijoitusstrategioilla tai parametrivaihtelulla. Tässä tutkimuksessa käytetyt strategiat eivät esimerkiksi käytä informaatiota kaikkien stokastisten tekijöiden tilasta, kuten esimerkiksi korkotasosta. Nämä huomioden esimerkiksi numeerisen optimoinnin menetelmin saatettaisiin päästä huomattavasti parempiin tuloksiin kuin mitä tässä rapor-

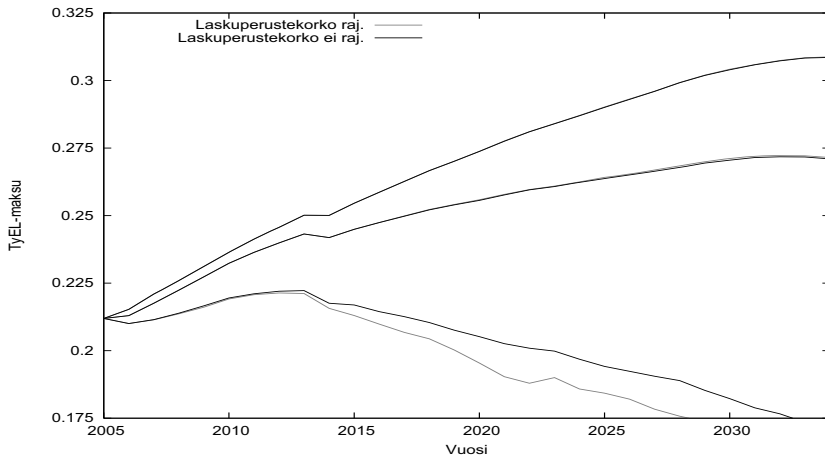


Kuva 4.21: Konkurssitodennäköisyykset $P(B^0)$.

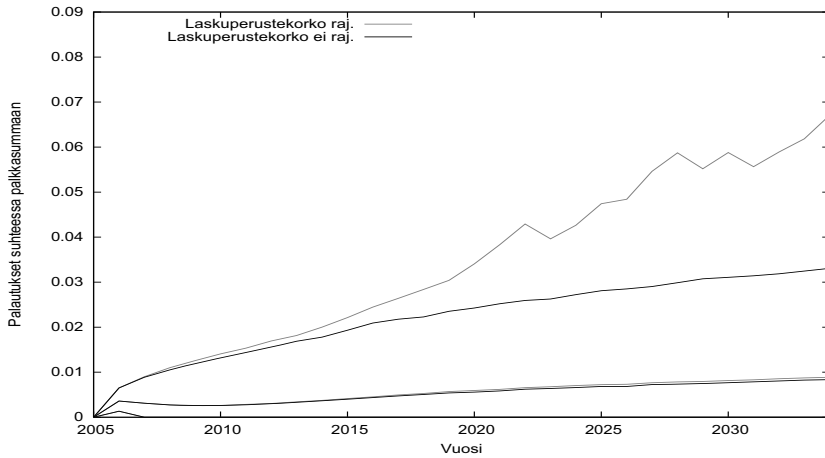
tissa on esitetty. Optimointi olisi kuitenkin erittäin aikaa vievää eläkejärjestelmän monimutkaisuuden vuoksi, eikä kaikkia tässä tutkimuksessa käsiteltyjä asioita olisi voitu tutkia kohtuullisessa ajassa.



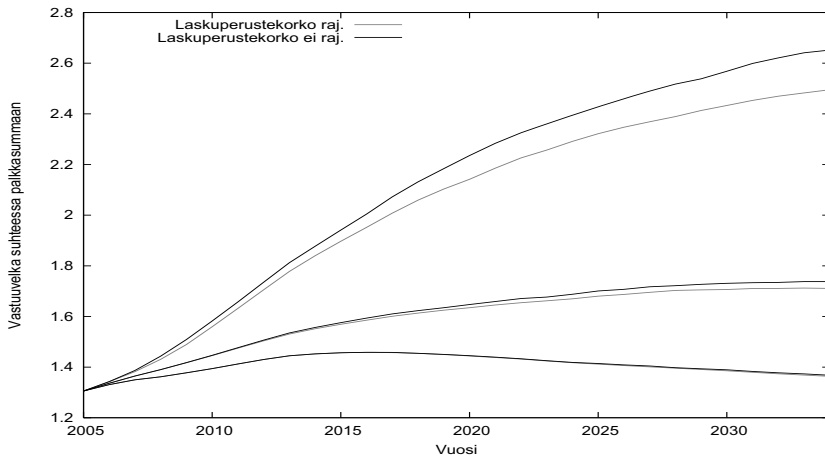
Kuva 4.22: Konkurssitodennäköisyykset $P(B^{1/3})$.



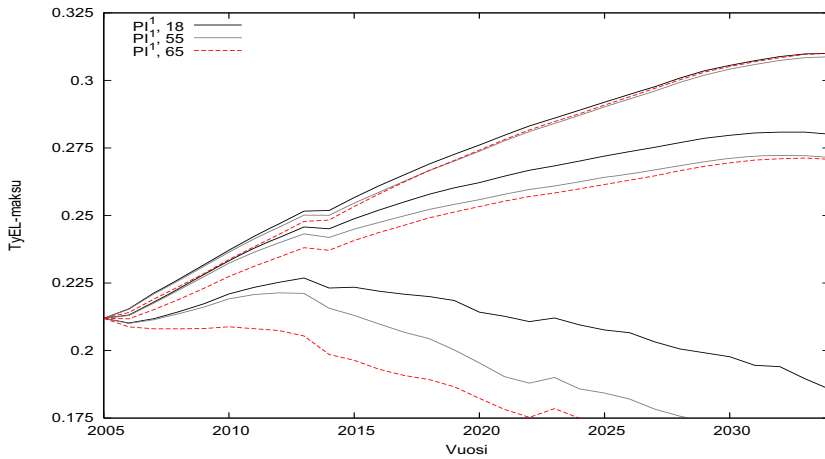
Kuva 4.23: Mediaani ja 90%-luottamusvälit eläkejärjestelmien TyEL-maksulle sijoitusstrategialla PI^1 kun laskuperustekorona nousua ei ole rajoitettu.



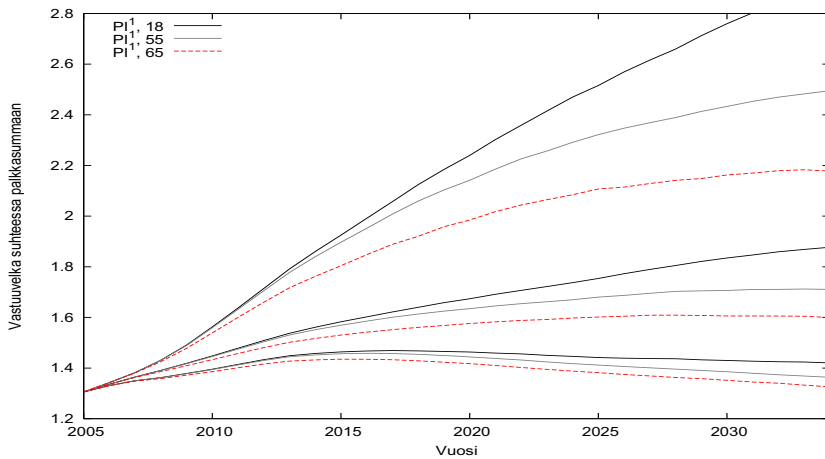
Kuva 4.24: Mediaani ja 90%-luottamusväli palautuksille sijoitusstrategialla PI^1 kun laskuperustekoron nousua ei ole rajoitettu.



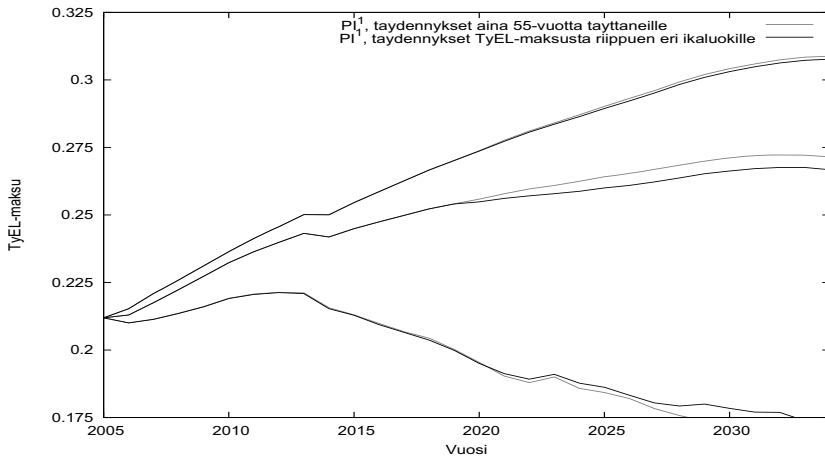
Kuva 4.25: Mediaani ja 90%-luottamusväli vastuuvellalle suhteessa palkkasummaan sijoitusstrategialla PI^1 kun laskuperustekoron nousua ei ole rajoitettu.



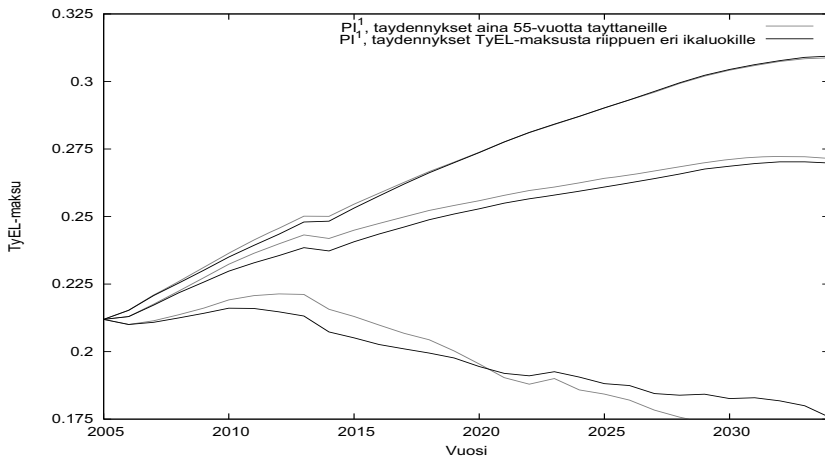
Kuva 4.26: Mediaani ja 90%-luottamusvälit TyEL-maksulle kun täydennykset kohdistetaan eri ikäluokille.



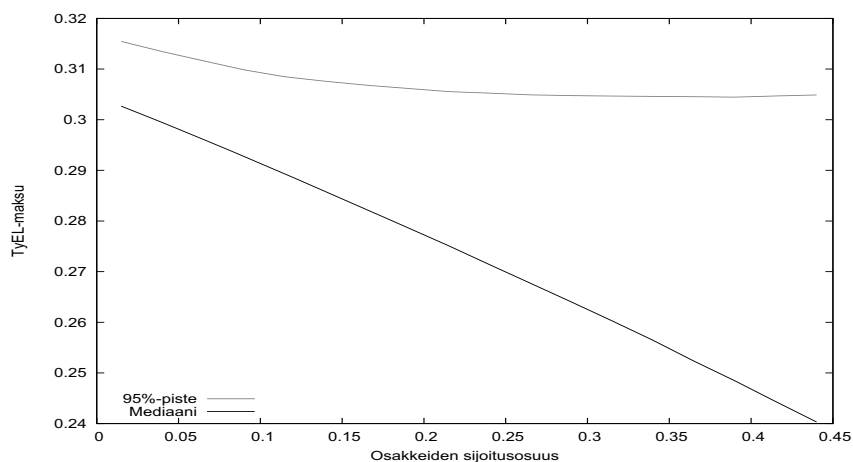
Kuva 4.27: Mediaani ja 90%-luottamusvälit vastuuvella suhteessa palkkasummaan kun täydennykset kohdistetaan eri ikäluokille.



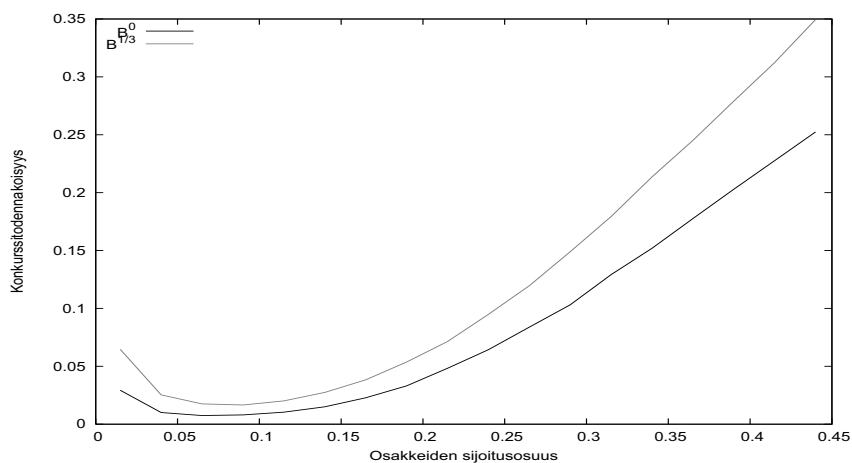
Kuva 4.28: Mediaani ja 90%-luottamusvälit TyEL-maksulle kun täydennykset kohdistetaan eri ikäluokille.



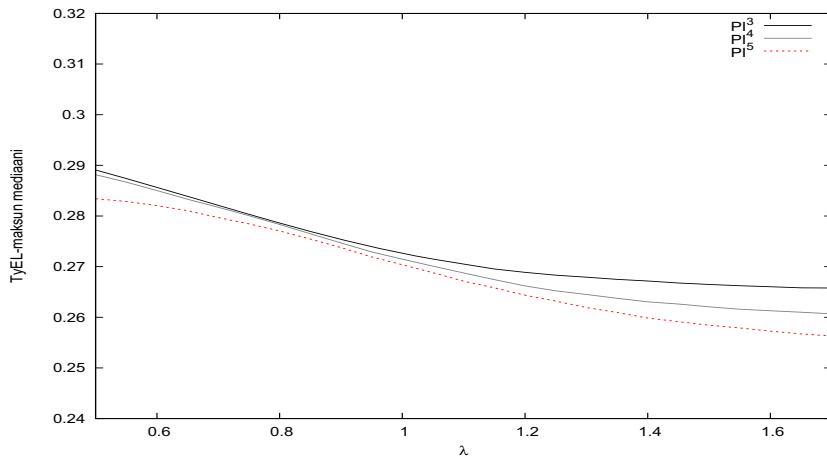
Kuva 4.29: Mediaani ja 90%-luottamusvälit TyEL-maksulle kun täydennykset kohdistetaan eri ikäluokille.



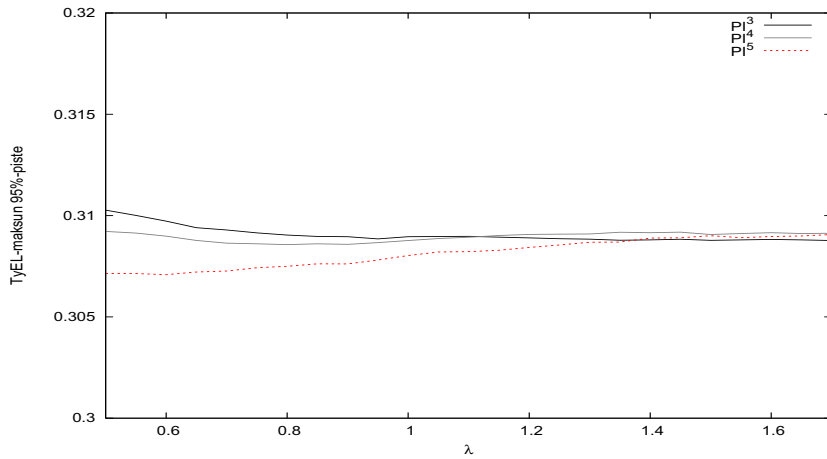
Kuva 4.30: Osakesijoitukset ja vuoden 2034 TyEL-maksun mediaani sekä 95%-piste kiinteällä sijoitusstrategialla.



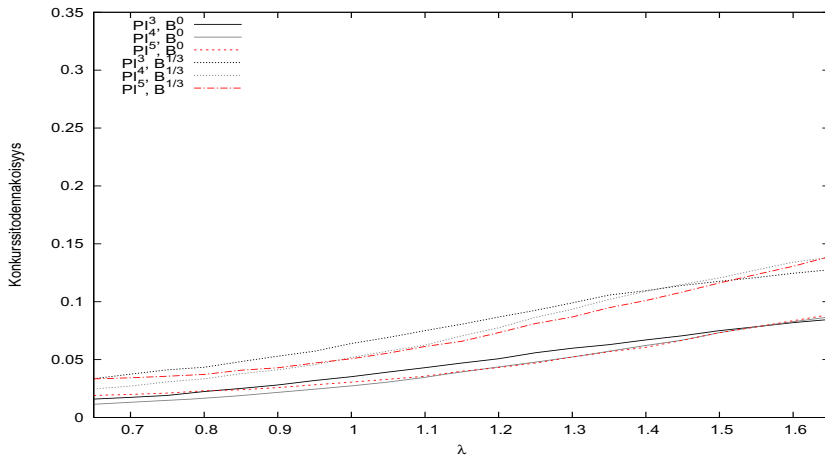
Kuva 4.31: Osakesijoitukset ja konkurssitodennäköisyys kiinteällä sijoitusstrategialla.



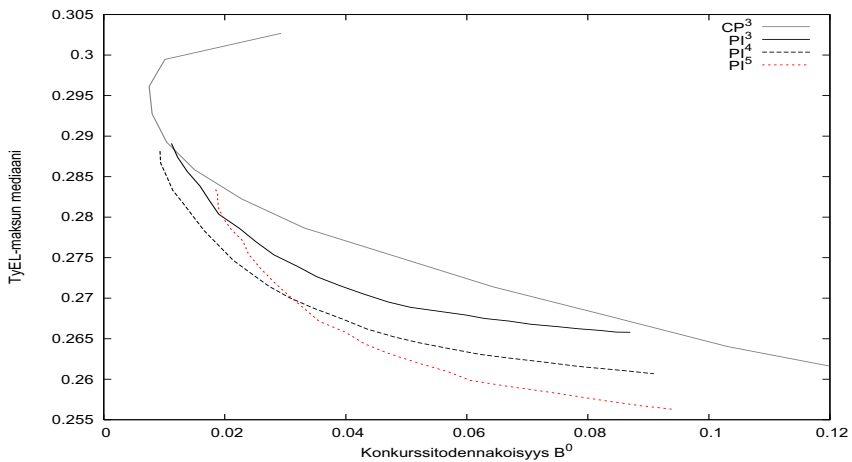
Kuva 4.32: Osakesijoitukset ja vuoden 2034 TyEL-maksun mediaani dynaamisilla sijoitusstrategioilla.



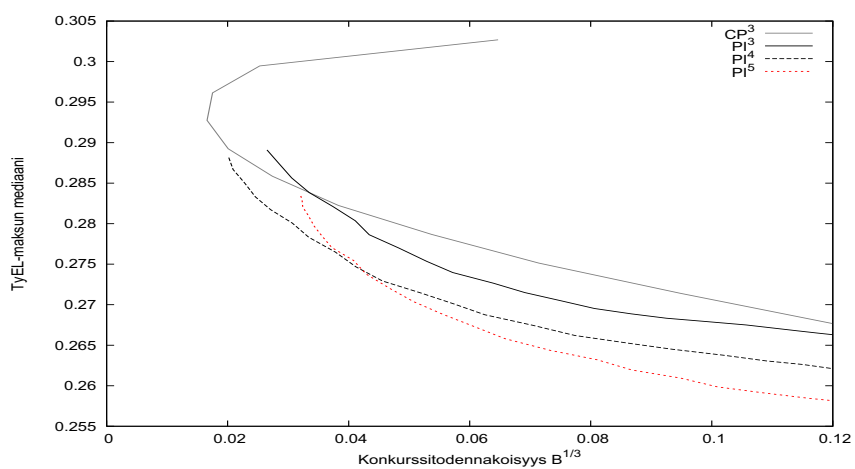
Kuva 4.33: Osakesijoitukset ja vuoden 2034 TyEL-maksun 95%-piste dynaamisilla sijoitusstrategioilla.



Kuva 4.34: Osakesijoitukset ja konkurssitodennäköisyydet dynaamisilla sijoitusstrategioilla.



Kuva 4.35: Vuoden 2034 TyEL-maksun mediaani ja konkurssiriski B^0 .



Kuva 4.36: Vuoden 2034 TyEL-maksun mediaani ja konkurssiriski $B^{\frac{1}{3}}$.

Kiitokset Kiitän Peter Biströmiä, Markku Kalliota, Lasse Koskista, Heikki Palmia, Teemu Pennasta, Tarmo Pukkilaa, Antero Rannetta ja Ismo Riskua hyödyllisistä kommenteista ja ehdotuksista, joista on ollut suuri apu tämän raportin kirjoittamisessa. Kiitän Eläketurvakeskusta lähtötietojen toimittamisesta.

Kirjallisuutta

- [1] J.M. Alho. The population of Finland in 2050 and beyond. Discussion papers No. 826, ETLA, 2002.
- [2] P. Biström, T. Klaavo, I. Risku ja H. Sihvonen. Eläkemenot, maksut ja rahastot vuoteen 2075. Eläketurvakeskuksen raportteja, Eläketurvakeskus, 2004.
- [3] F. Black ja R. Jones. Simplifying portfolio insurance for corporate pension plans. *Journal of Portfolio Management*, **14**, 33–37, 1988.
- [4] Eläkeneuvotteluryhmä. Työeläkejärjestelmän sijoitustoimintaa koskeva selvitys, 2006.
- [5] Eläketurvakeskus. Työeläkkeiden indeksiturva 1.1.2005. 2005.
- [6] R.F. Engle ja C.W.J. Granger. Co-integration and error correction: representation, estimation and testing. *Econometrica*, **55**, no. 2, 251–276, 1987.
- [7] S.E. Fleten, K. Høyland ja S.W. Wallace. The performance of stochastic dynamic and fixed mix portfolio models. *European Journal of Operations Research*, **140**, 37–49, 2002.
- [8] P. Forma, E. Tuominen ja I. Väänänen-Tomppo. Finnish pension reform and intentions of older workers to continue at work. Working paper 2, Finnish Centre for Pensions, 2006.
- [9] HE77/2006. Hallituksen esitys Eduskunnalle eläkelaitosten toimintapäätösmää ja vastuuvulkaa koskevien säännösten muuttamiseksi. 2006.
- [10] HE79/2006. Hallituksen esitys Eduskunnalle laeiksi eläkelaitoksen vakavaraisuusrajan laskemisesta ja vastuuvulan kattamisesta sekä eräiden siihen liittyvien lakien muuttamisesta. 2006.

- [11] M. Heikkilä. Tel-järjestelmän yhteinen tuottovelvoite ja yksittäisen yhtiön sijoitustuottojen jäännösvarianssi. Working paper, Suomen Aktuaariyhdistys, 2004.
- [12] P. Hilli, M. Koivu ja T. Pennanen. Sijoitustuottomalli työeläkelaitoksille. Vakuutusvalvontaviraston julkaisusarja: 3/2006, Vakuutusvalvontavirasto, 2006.
- [13] P. Hilli, M. Koivu, T. Pennanen ja A. Ranne. A stochastic programming model for asset and liability management of a Finnish pension company. *Annals of Operations Research*, **152**, 115–139, 2007.
- [14] P. Hilli ja T. Pennanen. Työeläkelaitoksen kassavirta-vastuumalli. Vakuutusvalvontaviraston julkaisusarja: 1/2007, Vakuutusvalvontavirasto, 2007.
- [15] M. Koivu, T. Pennanen ja A. Ranne. Modeling assets and liabilities of a Finnish pension company: a VEqC approach. *Scandinavian Actuarial Journal*, **2005**, no. 1, 46–76, 2005.
- [16] Laki vakuutusvalvontavirastosta. 2006.
- [17] Asetus työeläkevakuutusyhtiön vakavaraisuusrajan laskemisesta. 23.12.1999/1281. 1999.
- [18] C. Lindell. Elinaika pitenee - miten käy eläkeiän? Eläketurvakeskuksen raportteja 18, Eläketurvakeskus, 1998.
- [19] A.F. Perold ja W.F. Sharpe. Dynamic strategies for asset allocation. *Financial Analyst Journal*, **4**, 16–27, 1988.
- [20] E. Rajaniemi. Työeläkejärjestelmän kilpailuolosuhteet. Sosiaali- ja terveysministeriön selvityksiä 79, 2006.
- [21] TEL-P 2005. TEL:n mukaisen perusvakuutuksen erityisperusteet. Kokooma, 2005.
- [22] TyEL. Työntekijän eläkelaki. 2006.
- [23] Työmarkkinajärjestöjen täydennyssojimus 5.9.02. 2002.

Luku 5

Sijoitusstrategian vaikutus työeläkelaitoksen vakavaraisuuteen

Petri Hilli ja Teemu Pennanen

Tiivistelmä

Tässä raportissa on tutkittu sijoitusstrategian merkitystä yksityisen sektorin työeläkelaitoksen pitkän aikavälin rahoituksen riskinhallintaan. Yksinkertaisella numeerisella optimoinnilla on mahdollista löytää strategioita, joilla saavutetaan selkeästi korkeammat vakavaraisuusasteet pienemmillä riskitasoilla kuin yleisesti käytetyillä yksinkertaisilla päätössäännöillä. Tutkimuksessa havaittiin myös, että vuoden 2007 alussa voimaan tulleessa lakiuudistuksessa on piirteitä, jotka vaikeuttavat olennaisesti yksittäisen eläkelaitoksen rahoitusriskien hallintaa. Esimerkiksi uudistettu vakavaraisuusraja saattaa tietyissä tilanteissa kannustaa epärationaaliseen sijoituskäyttäytymiseen. Toisen vakavan ongelman aiheuttaa laskuperusteiden kaava, joka riippuu koko järjestelmän keskimääräisestä vakavaraisuusasteesta sekä keskimääräisistä osaketuotoista. Tämä saattaa johtaa monimutkaiseen tilanteeseen, jossa eläkkeiden maksamisen sijaan yksittäisen eläkelaitoksen päähuomio kohdistuu toissijaiseen peliteoreettiseen ongelmaan.

5.1 Johdanto

Suomalaiset yksityisen sektorin työeläkelaitokset hallinnoivat huomattavan suuria työeläkerahastoja. Hallituksen 8.6.2006 antamassa lakiesityksessä [7] ja Vakuutusvalvontaviraston ohjeissa [18, 19, 20] painotetaan näihin liittyvien riskien järjestelmällistä arvioimista. Eläkelaitoksen riskinhallinnassa tärkeimpiä riskitekijöitä ovat sijoitustuottoihin, vakuutustoiminnan kassavirtoihin ja vastuuvélkaan liittyvä epävarmuus. Sijoitustoiminnan tuottoihin ja eläkelaitoksen vakavaraisuuteen vaikuttaa olennaisesti eläkelaitoksen käyttämä sijoitusstrategia. Tässä työssä tutkitaan sijoitusstrategian vaikutusta eläkelaitoksen vakavaraisuuteen pitkällä aikavälillä kun huomioidaan kaikki edellä mainitut riskitekijät sekä laitoksen mahdollisuus päivittää sijoitusallokaatioita tilanteen mukaan.

Sijoitusstrategian vaikutuksesta suomalaisten eläkelaitosten sijoitusriskinhallinnassa on suhteellisen vähän tutkimuksia. Heikkilä [8] ja Hilli [9] tutkivat yksinkertaisiin päätössääntöihin pohjautuvien sijoitusstrategioiden vaikutuksia. Hilli et al. [11] esittivät optimointimallin suomalaisen työeläkeyhtiön riskinhallintaan ja raportoivat tuloksia, joissa numeeriseen optimointiin perustuvilla sijoitusstrategioilla saavutettiin selkeästi korkeammat vakavaraisuusasteet suhteessa konkurssitodennäköisyyteen kuin yksinkertaisilla päätössäännöillä. Tässä raportissa verrataan numeeriseen optimointiin perustuvan sijoitusstrategian ja perinteisesti käytettyjen sijoitusstrategioiden eroja aiempaa pidemmällä aikavälillä: suunnitteluhorisontti on 2005-2034 ja sijoitusportfolio päivitetään vuosittain. Tulosten perusteella yksinkertaiset päätössäännöt tuottavat selkeästi alhaisempia vakavaraisuusasteita kuin mihin optimoidulla sijoitusstrategialla päästään. Näin ollen esimerkiksi raporttien [8, 6, 9] laskelmiin perustuvat arviot eläkejärjestelmän kehityksestä ovat harhaisia.

Tutkitussa optimointiongelmassa on tavoitteena maksimoida laitoksen vakavaraisuutta pitkällä aikavälillä. Ongelmassa ei huomioida vakavaraisuusrajaa, joka koskee olennaisesti vain lyhyen aikavälin sijoitusriskejä. Lisäksi vuonna 2007 voimaan astunut laki [2] vakavaraisuusrajan laskennasta on puutteellisesti määritelty ja saattaa asettaa eläkelaitokset epätasa-arvoiseen asemaan. Vakavaraisuusraja riippuu laitoksen sijoitusportfoliosta sekä suoraan että tuotto- ja hajontaparametrien kautta. Tämän seurauksena vakavaraisuusraja on epäkonvekksi funktio, jonka noudattaminen vaikeuttaa sijoitus-suunnittelua ja tekee strategioiden optimoinnin käytännössä mahdottomaksi. Uudesta vakavaraisuusrajasta löydettiin myös piirteitä, jotka ovat ristiriidassa työeläkesäätiö-, -kassa- ja -vakuutusyhtiölakien [1, 4, 3] edellyttämän turvallisuusperiaatteen kanssa. Esimerkiksi osakesijoitusten muuttamisella eri alaluokkien välillä saattaa olla päinvastainen vaikutus eri vakavaraisuusti-

lanteissa kun taas tietyissä tilanteissa sillä ei ole vaikutusta ollenkaan (katso Luku 5.4).

Vuoden 2007 lakiuudistuksen toinen sijoitussuunnittelua olennaisesti vaikeuttava piirre on vastuuvelan osaketuottosidonnainen osa, joka riippuu koko järjestelmän vastuuvelasta sekä kaikkien laitosten osakesijoitusten keskimääräisistä tuotoista. Tämä tekee yksittäisen eläkelaitoksen tulevien vastuiden ja siihen liittyvien riskien arvioinnin äärimmäisen vaikeaksi, sillä tämä edellyttää laitoksen oman vakuutuskannan huomioimisen lisäksi järjestelmän muiden laitosten vakuutuskantojen ja sijoitusstrategioiden arvioimista. Yksittäisen eläkelaitoksen tulevien vastuiden arviointia vaikeuttaa myös laskuperustekorona määräytyminen yhteisesti kaikkien eläkelaitosten keskimääräisen vakavaraisuusasteen perusteella. Riskinhallinnan vaikeutumisen lisäksi lakiuudistuksen synnyttämät riippuvuudet luovat järjestelmään pelitilanteen, jossa korkeaa vakavaraisuusastetta tavoittelevalle laitokselle syntyy insentiivi seurata muiden laitosten käyttäytymistä sen sijaan, että se keskittyisi lain edellyttämään tuottavaan ja turvalliseen sijoitustoimintaan.

Luvussa 5.2 esitetään optimointimalli, Luvussa 5.3 malli laskuperustekorolle, Luvussa 5.4 vakavaraisuusrajaan liittyviä ongelmia, Luvussa 5.5 optimointimallin numeerinen ratkaisumenetelmä ja Luvussa 5.6 tulokset.

5.2 Optimointimalli

Eläkelaitoksen ensisijainen tehtävä on maksaa vastuullansa olevien eläkkeiden rahastoitu osa nyt ja tulevaisuudessa. Laitos kerää rahastoitavat eläkemaksut ja sijoittaa varallisuutensa rahoitusmarkkinoille. Sekä maksutulo että eläkemenot ovat stokastisia. Näiden erotus eli laitoksen saama nettokassavirta $F = (F_t)$ on stokastinen prosessi, joka voi saada sekä positiivisia että negatiivisia arvoja. Nettokassavirran malli on kuvattu viitteessä [12]. Rahoitusmarkkinoita kuvataan sijoitusluokkien joukolla

$$J = \{\text{lyhyt korko, pitkä korko, suomalaiset osakkeet, eurooppalaiset osakkeet, pohjoisamerikkalaiset osakkeet, aasialaiset osakkeet, kiinteistöt}\},$$

joiden vuotuiset kokonaistuotot $R_{t,j}$ ovat satunnaisia. Kokonaistuottojen malli on kuvattu viitteessä [10]. Sijoitusluokkaan $j \in J$ vuoden t alussa sijoitettu rahamäärä $h_{t,j}$ on laitoksen valittavissa oleva strategiamuuttuja.

Sijoitusstrategioiden vertailun yksinkertaistamiseksi asiakaspalautukset ja transaktiokustannukset oletetaan nollassi. Optimointitehtävässä ei myöskään huomioida laitoksen vakavaraisuusrajaa sillä Luvussa 5.4 kuvattujen ongelmien vuoksi se tekisi dynaamisen sijoitussuunnittelun optimoinnin käytännössä mahdottomaksi ja saattaisi johtaa epärationaalsiin ratkaisuihin.

Tässä raportissa tarkastellaan riskiä karttavaa työeläkelaitosta, joka tavoittelee korkeaa vakavaraisuusastetta,

$$S_t = \frac{\sum_{j \in J} h_{t,j} - V_t}{V_t},$$

missä vastuuvélka V mallinnetaan stokastisesti viitteessä [12] kuvatulla tavalla. Korkean vakavaraisuusasteen tavoittelemista voidaan perustella asiakasyritysten näkökulmasta. Tehtyjen oletusten perusteella optimointitehtävä voidaan kirjoittaa muotoon

$$\begin{aligned} & \underset{(h, \hat{F}) \in \mathcal{N}}{\text{maximize}} && E^P \sum_{t=0}^T \left[u(S_t) - k \hat{F}_t \right] \\ & \text{subject to} && \sum_{j \in J} h_{0,j} \leq w_0, \\ & && \sum_{j \in J} h_{t,j} \leq \sum_{j \in J} R_{t,j} h_{t-1,j} + F_t + \hat{F}_t, \quad t = 0, \dots, T, \\ & && h, \hat{F} \geq 0, \end{aligned}$$

missä w_0 on alkuvarallisuus ja \hat{F} on ylimääräinen eläkemaksu, joka kerätään poikkeustilanteissa, joissa laitoksen varat uhkaavat loppua. Sakkokertoimen k suuruus määrittää missä vaiheessa maksua aletaan periä. \mathcal{N} on stokastiseen prosessiin (F, V, R) adaptoituneiden strategioiden $(h, \hat{F}) = (h_t, \hat{F}_t)$ joukko. Tässä tutkimuksessa on käytetty potenssihyötyfunktioita $u : \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}$,

$$u(r) = -(r + 1)^{-\rho},$$

joka kuvaa vähenevää suhteellista riskiaversiota.

Nettokassavirran ja vastuuvélan tulevat arvot riippuvat laskuperustekoron ja osaketuottosidonnaisen vastuuvélan kautta kaikkien eläkelaitosten vakavaraisuusasteista. Seuraavassa luvussa on kuvattu malli laskuperustekorolle, joka käytetään nettokassavirran sekä vastuuvélan laskennassa.

Tässä tutkitussa mallissa ei ole huomioitu vakavaraisuusrajaa. Tavoitteena on tutkia kuinka korkeita vakavaraisuusasteita on mahdollista saavuttaa pitkällä aikavälillä. Vakavaraisuusraja on taas valvojan asettama referenssiarvo, joka koskee olennaisesti vain lyhyen aikavälin sijoitusriskejä. Luvussa 5.4 on tutkittu nykysäännösten mukaista vakavaraisuusrajaa ja osoitettu vakavia ongelmakohtia. Vakavaraisuusrajan käsittely strategisessa sijoitussuunnittelussa on erityisen vaikeaa, sillä se on sijoitusallokaation suhteen epäkonvekssi funktio.

5.3 Laskuperustekorko

Eläkelaitoksen vakuutustoiminnan kassavirrat ja vastuovelka riippuvat laskuperustekoron ja osaketuottosidonnaisen vastuuelan kautta kaikkien yksityisen sektorin työeläkelaitosten vakavaraisuusasteista ja osakesijoitusten tuotoista. Yksittäisen laitoksen kassavirtojen ja vastuuelan tulevan kehityksen ennakoiminen edellyttää siis kaikkien laitosten toiminnan huomioimista, mikä muodostaa kvantitatiivisen mallinnuksen kannalta lähes mahdottoman haasteen. Toinen ongelma syntyy “takaisinkytkennästä”, jossa laitoksen omat sijoituspäätökset vaikuttavat sen omien (sekä muiden) vastuiden kehitykseen. Tämä johtaa monimutkaisiin epäkonvekseihin riippuvuuksiin, joiden huomioiminen pitkän aikavälin sijoitussuunnittelussa on äärimmäisen vaikeaa.

Tässä raportissa laskuperustekoron ja osaketuottosidonnaisen vastuuelan kehitystä on mallinnettu siten, että ne eivät riipu tutkittavan laitoksen sijoitusallokaatiosta. Tämä perustuu viitteen [9] malliin, joka kuvaa koko järjestelmän ja erityisesti laskuperustekoron ja osaketuottosidonnaisen vastuuelan kehitystä. Tämän jälkeen yksittäisen eläkelaitoksen kassavirrat ja vastuuelka lasketaan viitteen [12] mukaisesti. Eläkejärjestelmän sijoitustoimintaa approksimoidaan portfolio insurance-sijoitusstrategialla [5, 16], jossa lyhyen koron sijoitusten ja kiinteistöjen osuus portfolion arvosta päivitetään vuosittain annettuihin osuuksiin, korkosijoituksilla 8%:in ja kiinteistöillä 13%:in. Kaikkien neljän osakeluokan osuudet ovat

$$w_t^j = \frac{\max(0, 1; \min(0, 4; 1, 2S_t))}{4}, \quad j \in \{\text{Osakkeet}\}.$$

Osakkeiden yhteenlaskettu paino salkussa on siis 1,2 kertaa järjestelmän keskimääräinen vakavaraisuusaste mutta kuitenkin vähintään 10% ja korkeintaan 40% koko sijoitusomaisuudesta. Tämä vastaa eläkeneuvotteluryhmän havaintoa, jonka mukaan osakesijoitusten osuus on ollut viime vuosina lievästi suurempi kuin vakavaraisuusaste [6, s. 33]. Pitkän koron sijoitusten osuus on

$$w_t^{\text{pitkä korko}} = 1 - \sum_{j \in J \setminus \{\text{pitkä korko}\}} w_t^j.$$

5.4 Vakavaraisuusraja

Eläkelaitosten vakavaraisuus määritellään niiden toimintapääoman ja vakavaraisuusrajan suhteena. Esimerkiksi eläkelaitosten konkurssiraja riippuu vakavaraisuusraja [3, 20 §], [4, 83 c §], [1, 48 b §], samoin voitonjaon mahdollisuudet (esim [3, 23 §], [4, 83 d §], [1, 48 c §]).

Vuoden 2007 alussa voimaan tulleen lain [2] mukaan eläkelaitoksen vakavaraisuus vuonna t määritellään

$$\frac{\sum_{j \in J} h_{t,j} - V_t}{B_t V_t} = \frac{S_t}{B_t}, \quad (5.1)$$

missä

$$B_t = \max \left(0, 05 ; \frac{-(\sum_{j \in \tilde{J}} \beta^j m_j - i_t^v) + a \sqrt{\sum_{j \in \tilde{J}} \sum_{i \in \tilde{J}} \beta^j \beta^i s_j s_i r_{j,i} + \lambda_t^2 \sigma^2}}{100} \right),$$

missä \tilde{J} on lain 6 §:n mukaisten sijoitusluokkien joukko, β^i sijoitusluokan $i \in \tilde{J}$ sijoitusosuus koko sijoitusportfion arvosta, i_t^v on eläkevastuun täydennyskerroin ja m, r, λ_t, a ja σ lain 10 §:ssä määritellyjä parametreja. Lain 6 §:ssä eläkelaitoksen sijoitukset jaetaan viiteen sijoitusluokkaan,

- I rahamarkkinavälineet,
- II joukkovelkakirjalainat,
- III kiinteistöt,
- IV osakkeet,
- V erinäiset sijoitukset.

Sijoitusluokkien $i \in \tilde{J}$ ja $j \in \tilde{J}$ tuotoille on lain 10 §:ssä määritetty korrelaatiokerroin $r_{i,j}$. Sijoitusluokat jaetaan edelleen alaluokkiin, joille kullekin on määritetty laissa tuoton odotusarvo ja keskihajonta. Sijoitusluokkien $j \in \tilde{J}$ odotusarvot m_j ja keskihajonnat s_j lasketaan alaluokkien sijoitusten osuuk-silla painotettuina keskiarvoina. Vakavaraisuutta laskettaessa osakesijoitusluokan painosta β^{osakkeet} vähennetään lain [17] 168 §:n tarkoitetun osaketuot-tosidonnaisuuden aste λ_t .

Vakavaraisuusrajaan perustuvassa tarkastelussa on vakavia puutteita rationaalisen sijoitustoiminnan näkökulmasta katsottuna. Seuraavissa yksinkertaisissa esimerkeissä laskuperustekorona arvoksi on oletettu 5,5% ja osaketuottosidonnaisuusasteen λ arvoksi 0,1.

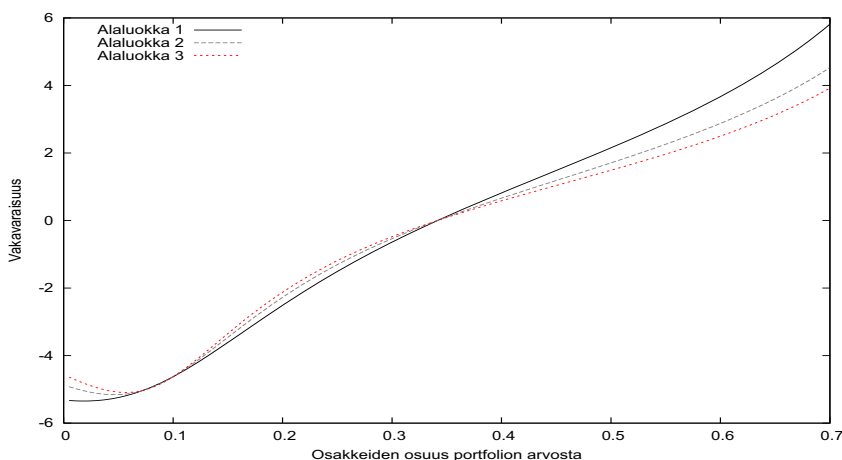
Laki on puutteellisesti määritetty, sillä siinä ei ole määritetty mitä arvoja käytetään tuottojen odotusarvoille ja hajonnoille silloin kun eläkelaitoksella ei ole kyseisen luokan sijoituksia ollenkaan eikä painotettua keskiarvoa voida laskea. Riippuen mitä arvoja päädytään käyttämään, saattaa syntyä tilanteita, joissa varallisuuden poistaminen sijoitusportfoliosta alentaisi eläkelaitoksen vakavaraisuusrajaa.

Vakavaraisuusraja on epäkonveksi funktio, jonka noudattaminen vaikeuttaa sijoitussuunnittelua. Tarkastellaan eläkelaitosta, jonka sijoitusten lähtöallokaatio on esitetty Taulukossa 5.1 ja vastuuvélka on 1,5 miljardia euroa.

Taulukko 5.1: Esimerkkilaskeman lähtöallokaatio.

Sijoitusluokka (ala-)	Mrd €
I (1)	0,054
II (1)	0,540
III (1)	0,393

Kuvassa 5.1 on esitetty eläkelaitoksen vakavaraisuus osakesijoitusluokan alaluokkien funktiona kun lähtöportfolioon lisätään osakesijoituksia siten, että sijoitukset tehdään aina samaan alaluokkaan. Selkeyden vuoksi osakesijoitusten määrä on esitetty osuutena koko portfolion arvosta. Vaikka esitetyt vakavaraisuudet ovat ääripäissään kaukana siitä mitä ne todellisuudessa voivat olla, kuvasta näkyy hyvin funktioiden epäkonveksisuus. Epäkonveksisuus saattaa aiheuttaa ongelmia kaikilla vakavaraisuustasoilla. Esimerkiksi eläkelaitoksella, jonka vastuuvélka on miljardi euroa ja jolla on sijoituksia Taulukon 5.1 mukaisesti ja lisäksi 0,093 miljardia euroa osakesijoitusluokan alaluokassa 1, toimintapääoman suhde vakavaraisuusrajaan on 1,39. Siirtämällä osakesijoitukset riskillisempään alaluokkaan 3 eläkelaitos voi alentaa vakavaraisuusrajaansa ja nostaa vakavaraisuutensa 1,40:en. Toisaalta jos osakesijoituksia onkin 0,070 tai 0,116 miljardia euroa, saadaan alempi vakavaraisuusraja alaluokkaan 1 sijoittamalla kuin alaluokkaan 3 sijoittamalla.



Kuva 5.1: Vakavaraisuus osakesijoitusluokan alaluokkien funktiona.

Kun osakkeiden osuus koko portfolion arvosta on täsmälleen 10%, ei osak-

Taulukko 5.2: Sijoitukset esimerkkilaskelmassa.

	Portfolio 1	Portfolio 2
Sijoitusluokka (ala-)	Mrd €	Mrd €
I (1)	0,10	0,10
II (1)	0,40	0,40
III (1)	0,10	0,10
IV (1)	0,53	0,00
IV (2)	0,00	0,58

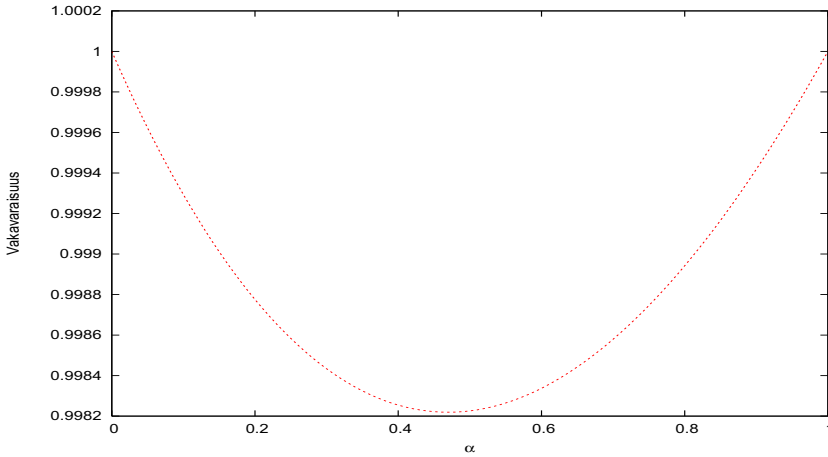
keiden jakautumiselle eri alaluokkiin ole mitään merkitystä eläkelaitoksen vakavaraisuusrajaan. Lisäksi lain 10 §:n mukaan B_t :n arvo kaavassa (5.1) on oltava aina vähintään 0,05. Käyttäen näitä kahta ominaisuutta, voidaan muodostaa helposti monenlaisia portfolioita, joissa sijoitusten jakautumisella eri alaluokkiin, kuten kotimaisiin pörssiosakkeisiin tai ulkomaisiin riskisijoituksiin, ei ole mitään merkitystä eläkelaitoksen vakavaraisuusrajaan.

Tarkastellaan seuraavaksi kolmea portfolioita. Ensimmäinen ja toinen sijoitusportfolio on annettu Taulukossa 5.2. Jos eläkelaitoksen vastuovelka on miljardi euroa, molemmilla portfolioilla eläkelaitoksen toimintapääoman suhde vakavaraisuusrajaan on täsmälleen 1. Kolmas sijoitusportfolio on painotettu summa kahden ensimmäisen laitoksen portfolioista painoilla α ja $1 - \alpha$. Kuvassa 5.2 on esitetty kolmannen portfolion vakavaraisuus α :n funktiona. Eläkelaitoksen toimintapääoma on aidosti vakavaraisuusrajan alapuolella kun $0 < \alpha < 1$ eli nykyinen vakavaraisuussäännöstö ei kannusta hajauttamaan kahden esimerkkiportfolion välillä.

Edellä kuvattujen ongelmien takia vakavaraisuusrajaa ei voida huomioida optimoinnissa. Ensinnäkin epäkonveksien optimointiongelmiä ratkaiseminen on erittäin vaikeaa. Toiseksi, vaikka optimointiongelma pystyttäisiinkin ratkaisemaan, tulos olisi huonompi rationaalisen päätöksentekijän kannalta kuin jos vakavaraisuusraja jätetään huomioimatta optimoinnissa.

5.5 Ratkaisumenetelmä

Luvussa 5.2 kuvatun optimointimallin ratkaisuja voidaan lähestyä numeerisesti käyttämällä Pennasen ja Koivun [13] esittämää menetelmää, joka perustuu yksinkertaisten päätössääntöjen optimaaliseen kombinointiin. Tekniikka perustuu niin sanottuun Galerkinin menetelmään, joka on monien paremmin tunnettujen diskreetointimenetelmien (kuten osittaisdifferentiaaliyhtälöi-



Kuva 5.2: Hajauttaminen kahden portfolion välillä heikentää vakavaraisuutta.

den ratkaisemisessa usein käytetty elementtimenetelmä) taustalla.

Oletetaan, että $h^i \in \mathcal{N}$, $i \in I$ on äärellinen joukko adaptoituneita sijoitusstrategioita, jotka toteuttavat optimointitehtävän rajoitukset. Tällöin mikä tahansa konvekssi kombinaatio

$$h(\alpha) = \sum_{i \in I} \alpha^i h^i,$$

missä $\alpha^i \geq 0$ ja $\sum_{i \in I} \alpha^i = 1$, on adaptoitunut ja käypä. Varioimalla kertoimia α^i voidaan hakea parhaan kohdefunktion arvon tuottama konvekssi kombinaatio. Näin saadaan strategia, joka on vähintään yhtä hyvä kuin yksikään yksittäinen strategia h^i . Linearikombinaation optimointitehtävä voidaan kirjoittaa muotoon

$$\underset{\alpha \in \Delta}{\text{maximize}} \quad E \sum_{t=0}^T u \left(\frac{\sum_{j \in J} \sum_{i \in I} \alpha^i h_{t,j}^i - V_t}{V_t} \right). \quad (5.2)$$

Tämä on äärellisulotteinen staattinen stokastinen optimointitehtävä, joka voidaan ratkaista numeerisesti käyttämällä esimerkiksi integrointikvadratuureja ja matemaattisen ohjelmoinnin menetelmiä Pennasen ja Koivun [15] esittämällä tavalla.

Yllä esitettyssä menetelmässä approksimoidaan siis sekä päätösvaruutta että kohdefunktiota ja tuloksena on parametrinen esitys sijoitusstrategiasta. Saatua strategiaa voidaan tutkia simuloimalla kuten seuraavassa luvussa on kuvattu.

5.6 Tulokset

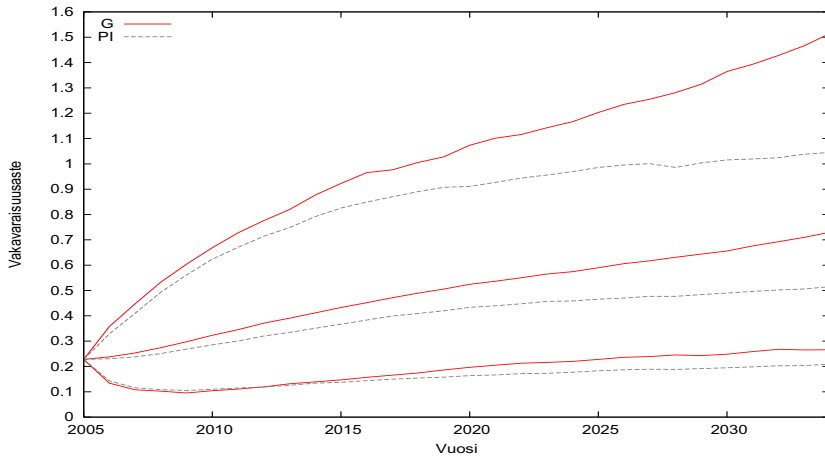
Tässä luvussa verrataan yllä kuvatulla optimointimenetelmällä muodostettua sijoitusstrategiaa usein käytettyihin yksinkertaisempiin sijoitusstrategioihin, portfolio insurance-sijoitusstrategiaan ja kiinteän allokaation (constant-proportions) sijoitusstrategiaan. Esimerkkilaskemassa on tutkittu kuvitteellista eläkelaitosta, jonka vakuutuskanta ja varallisuus vastaa koko TyEL-järjestelmää. Sijoitushorisontti alkaa vuodesta 2005 ja päättyy vuoteen 2034. Laskuperustekorona kehitystä on mallinnettu Luvussa 5.3 kuvatulla tavalla käyttäen samoja Eläketurvakeskuksen lähtötietoja kuin viitteen [9] laskelmissa. Osaketuottosidonnaisen vastuuvelan oletetaan tulevan voimaan heti ilman lain [2] 27 §:n mukaista viiden vuoden siirtymäaikaa.

Sijoitusstrategia optimoitiin Luvussa 5.5 esitetyllä tavalla käyttämällä 95 erilaista päätössääntöä. Galerkin approksimaatio (5.2) ratkaistiin numeerisesti käyttäen 2000:n simulaation Monte Carlo-approksimaatiota sekä MOSEK [14] sisäpistealgoritmia. Optimoitua strategiaa verrattiin Luvussa 5.3 esitettyyn portfolio insurance-strategiaan sekä eläkeneuvotteluryhmän [6, s. 84] käyttämään kiinteän allokaation strategiaan, jossa sijoitusosuudet päivitetään vuosittain kiinteisiin osuuksiin koko portfolion arvosta. Kaikki strategiat evaluoitiin kymmenen tuhannen riippumattoman Monte Carlo-simulaation avulla.

Kuvassa 5.3 on esitetty optimoitua strategiaa ja portfolio insurance-strategiaa vastaavat vakavaraisuusasteen mediaani sekä 95%-luottamusväli vuodesta 2005 vuoteen 2034. Optimointiin perustuvalla strategialla saavutetaan huomattavasti korkeammat luottamusvälit ja mediaani kuin portfolio insurance-strategialla. Erot vakavaraisuusasteissa selittyvät täysin sijoitusstrategian valinnalla, sillä kaikissa laskelmissa vakuutustoiminnan kassavirrat ja vastuuvetka kehittyvät samalla tavalla riippumatta sijoitusstrategiasta. Kuvassa 5.4 on esitetty kiinteän allokaation ja portfolio insurance-strategiaa vastaavat vakavaraisuusasteen mediaani sekä 95%-luottamusväli vuodesta 2005 vuoteen 2034¹. Pitkällä aikavälillä kiinteän allokaation strategiaa noudattavan eläkelaitoksen vakavaraisuusasteen mediaani ja luottamusvälit jäävät selkeästi alhaisemmiksi kuin portfolio insurance-sijoitusstrategialla.

Optimoitu strategia on esitetty vakavaraisuusasteen funktiona kahtena eri ajankohtana Kuvassa 5.5. Vertailussa käytetyt portfolio insurance-strategian ja kiinteän strategian allokaatiot on esitetty graafisesti Kuvassa 5.6. Kiinteän allokaation strategia on vakio yli ajan ja kaikkien tilojen kun taas portfolio insurance-strategia riippuu ainoastaan vakavaraisuusasteesta. Optimoidulla

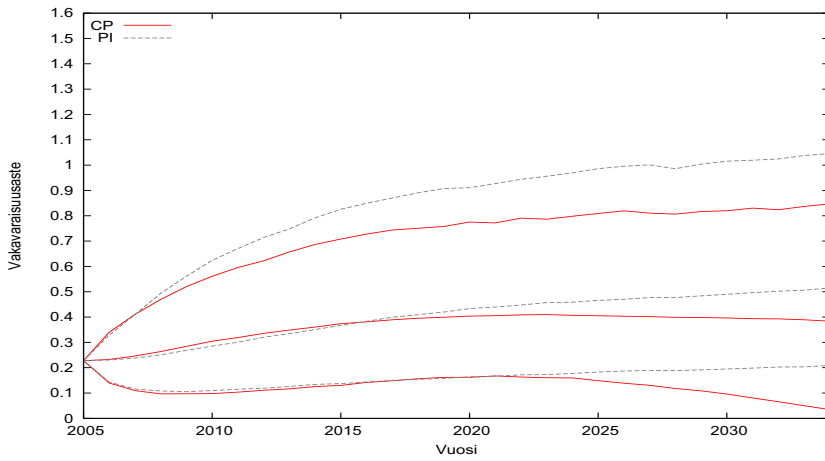
¹Vakavaraisuusasteet nousevat korkeammiksi kuin muissa vastaavissa laskelmissa koska vertailun helpottamiseksi tässä esitetyissä laskelmissa ei maksettu hyvityksiä.



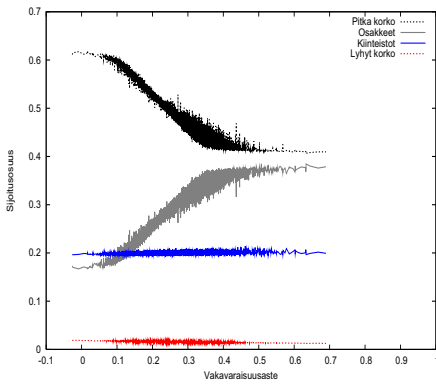
Kuva 5.3: Vakavaraisuusaste optimointiin perustuvalla (G) ja portfolio insurance (PI) sijoitusstrategialla.

strategialla on selkeä yhteys vakavaraisuusasteeseen, mutta se ei yksinään selitä sijoitusallokaatiota. Sijoitusosuudet voivat riippua myös muusta saatavilla olevasta informaatiosta, kuten esimerkiksi korkotasosta.

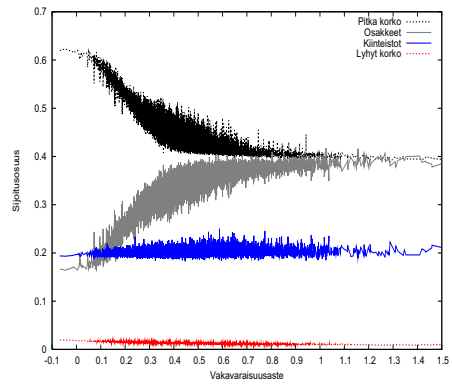
Kiitokset Kiitämme Heikki Palmia hyödyllisistä ehdotuksista ja kommentteista, joista on ollut suuri apu tämän raportin kirjoittamisessa. Kiitämme Eläketurvakeskusta lähtötietojen toimittamisesta.



Kuva 5.4: Vakavaraisuusaste kiinteän allokaation (CP) ja portfolio insurance (PI) sijoitusstrategialla.

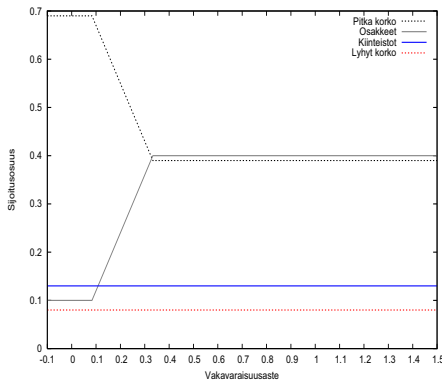


(a) 2007.

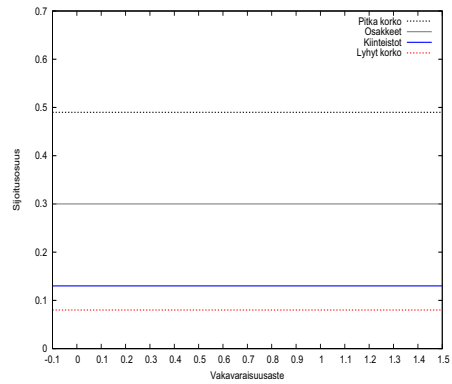


(b) 2015.

Kuva 5.5: Optimoidun strategian sijoitusosuudet vakavaraisuusasteen funktiona.



(a) Portfolio insurance.



(b) Constant proportion.

Kuva 5.6: Sijoitusosuudet vakavaraisuusasteen funktiona.

Kirjallisuutta

- [1] Eläkesäätiölaki. 2006a.
- [2] Laki eläkelaitoksen vakavaraisuusrajan laskemisesta ja vastuuvelan kattamisesta. 2006b.
- [3] Laki työeläkevakuutusyhtiöistä. 2006c.
- [4] Vakuutuskassalaki. 2006d.
- [5] F. Black ja R. Jones. Simplifying portfolio insurance for corporate pension plans. *Journal of Portfolio Management*, 14, 33–37, 1988.
- [6] Eläkeneuvotteluryhmä. Työeläkejärjestelmän sijoitustoimintaa koskeva selvitys, 2006.
- [7] HE77/2006. Hallituksen esitys Eduskunnalle eläkelaitosten toimintapäätösmää ja vastuuvelkaa koskevien säännösten muuttamiseksi. 2006.
- [8] M. Heikkilä. Tel-järjestelmän yhteinen tuottovelvoite ja yksittäisen yhtiön sijoitustuottojen jäännösvarianssi. Working paper, Suomen Aktuaariyhdistys, 2004.
- [9] P. Hilli. Sijoitusuudistuksen vaikutus yksityisen sektorin työeläkemaksuun. Vakuutusvalvontaviraston julkaisusarja: 2/2007, Vakuutusvalvontavirasto, 2007.
- [10] P. Hilli, M. Koivu ja T. Pennanen. A stochastic model for assets and liabilities of a pension institution. 2nd PBSS Section Colloquium, 2007a.
- [11] P. Hilli, M. Koivu, T. Pennanen ja A. Ranne. A stochastic programming model for asset and liability management of a Finnish pension company. *Annals of Operations Research*, 152, 115–139, 2007b.
- [12] P. Hilli ja T. Pennanen. Työeläkelaitoksen kassavirta-vastuumalli. Vakuutusvalvontaviraston julkaisusarja: 1/2007, Vakuutusvalvontavirasto, 2007.

- [13] M. Koivu ja T. Pennanen. Galerkin methods in dynamic stochastic programming. *Submitted*, 2007.
- [14] MOSEK. <http://www.mosek.com>. 2007.
- [15] T. Pennanen ja M. Koivu. Epi-convergent discretizations of stochastic programs via integration quadratures. *Numerische Mathematik*, 100, 141–163, 2005.
- [16] A.F. Perold ja W.F. Sharpe. Dynamic strategies for asset allocation. *Financial Analyst Journal*, 4, 16–27, 1988.
- [17] TyEL. Työntekijän eläkelaki. 2006.
- [18] Vakuutusvalvontavirasto. Dnro 11/002/2006, 2006a.
- [19] Vakuutusvalvontavirasto. Dnro 4/002/2007, 2006b.
- [20] Vakuutusvalvontavirasto. Dnro 4/002/2007, 2007.

- 2008:
- 1 Yhteenveto työterveyshuollon erikoislääkärikoulutuksen rahoitusta koskevan lain vaikutuksista. (Vain verkossa)
ISBN 978-952-00-2510-6 (PDF)
 - 2 Pandemic Influenza Preparedness. Joint Self-Assessment Report. (Vain verkossa)
ISBN 978-952-00-2516-8 (PDF)
 - 3 Terveystenhuollon työsuojelun valvontahankkeen loppuraportti.
ISBN 978-952-00-2517-5 (nid.)
ISBN 978-952-00-2518-2 (PDF)
 - 4 Miten potilasturvallisuutta edistetään? Kysely terveydenhuollon toimintayksiköille ja vanhainkodeille. (Vain verkossa)
ISBN 978-952-00-2519-9 (PDF)
 - 5 Kansallisen terveydenhuollon hankkeen seurantaryhmän loppuraportti. Vuosien 2002-2007 toiminta. (Moniste)
ISBN 978-952-00-2531-1 (nid.)
ISBN 978-952-00-2532-8 (PDF)
 - 6 Sosiaalialan kehittämishanke 2003-2007. Loppuraportti. Salme Kallinen-Kräkin (toim.).
ISBN 978-952-00-2535-9 (nid.)
ISBN 978-952-00-2536-6 (PDF)
 - 7 Mikko Wennberg, Olli Oosi, Kaisa Alavuotunki, Sirpa Juutinen, Henrik Pekkala. Sosiaalialan kehittämishankkeen tavoitteiden saavuttamisen arviointi. Sosiaalialan kehittämishankkeen loppuarviointi. Osaraportti 2.
ISBN 978-952-00-2537-3 (nid.)
ISBN 978-952-00-2538-0 (PDF)
 - 8 Slutrapport. Tillsynsprojekt för arbetarskyddet inom hälsovården.
ISBN 978-952-00-2539-7 (nid.)
ISBN 978-952-00-2540-3 (PDF)
 - 9 Työurat pitenevät. Veto-ohjelman indikaattorit II.
ISBN 978-952-00-2541-0 (nid.)
ISBN 978-952-00-2542-7 (PDF)
 - 10 Teoriasta toimivaksi käytännöksi. Mini-intervention jalkauttaminen terveyskeskuksiin ja työterveyshuoltoon. Kaija-Liisa Seppä (toim.).
ISBN 978-952-00-2543-4 (nid.)
ISBN 978-952-00-2544-1 (PDF)
 - 11 Sosiaali- ja terveysministeriön toimintasuunnitelma vuodelle 2008. (Vain verkossa)
ISBN 978-952-00-2545-8 (PDF)
 - 12 Perhekeskustoiminnan kehittäminen. Perhe-hankkeen loppuraportti.
ISBN 978-952-00-2546-5 (nid.)
ISBN 978-952-00-2547-2 (PDF)
 - 13 Pysytään työssä. Vaikeavammaisten henkilöiden työssä pysymisen tukeminen.
ISBN 978-952-00-2548-9 (nid.)
ISBN 978-952-00-2549-6 (PDF)

- 14 Kirsi Alila, Tuija Portell. Leikkitoiminnasta avoimeen varhaiskasvatukseen. Avointen varhaiskasvatuspalvelujen nykytila ja kehittämistarpeet 2007. (Moniste)
ISBN 978-952-00-2552-6 (nid.)
ISBN 978-952-00-2553-3 (PDF)
- 15 Heikki Hiilamo. Promoting Children's Welfare in the Nordic Countries.
ISBN 978-952-00-2554-0 (pb)
ISBN 978-952-00-2555-7 (PDF)
- 16 Kaarin Ruuhilehto, Jari Knuuttila. Terveysthuollon vaaratapahtumien raportointijärjestelmän käyttöönotto. (Moniste)
ISBN 978-952-00-2560-1 (nid.)
ISBN 978-952-00-2561-8 (PDF)
- 17 Sosiaaliammattitoiminnan kehittäminen. (Vain verkossa)
ISBN 978-952-00-2562-5 (PDF)
- 18 Sosiaali- ja terveysministeriön hallinnonalan tutkimustoiminnan tehostaminen. Työryhmän loppuraportti. (Vain verkossa)
ISBN 978-952-00-2563-2 (PDF)
- 19 Petri Hilli, Matti Koivu, Teemu Pennanen. Työeläkkeiden rahoitus ja sen riskienhallinta
ISBN 978-952-00-2596-0 (nid)
ISBN 978-952-00-2597-7 (PDF)